

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE AJÍ
TABASCO (*Capsicum frutescens*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AGUA
TRATADA MAGNÉTICAMENTE**



Luis Gerardo Cortez Hernández

**UNIVERSIDAD DEL VALLE – FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE EIDENAR
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES Y DE LA TIERRA ILAMA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI 2018**

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE AJÍ
TABASCO (*Capsicum frutescens*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AGUA
TRATADA MAGNÉTICAMENTE**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

LUIS GERARDO CORTÉZ HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI 2018**

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE AJÍ TABASCO
(*Capsicum frutescens*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AGUA TRATADA
MAGNÉTICAMENTE**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

LUIS GERARDO CORTÉZ HERNÁNDEZ

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR

ORLANDO ZUÑIGA Esp., M.Sc, PhD.

Profesor titular Universidad del Valle

CO-DIRECTOR

DANIEL IVÁN OSPINA SALAZAR, M. Sc, PhD.

Ingeniero agrónomo

**UNIVERSIDAD DEL VALLE FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI 2018**

“La Facultad y los Jurados de tesis no serán responsables de las ideas emitidas por el o los autores de la misma”.

Artículo 24, Resolución 04 de 1974

NOTA DE ACEPTACIÓN.

DIRECTOR

JURADO

JURADO

Santiago de Cali, de 2018

Dedicatoria

A Dios por la ayuda espiritual y por darme una familia que me formó en valores y principios, para poder tomar un rumbo de vida fundamentada en el eje principal del conocimiento.

A mi madre y padre por forjarme con un propósito muy específico: contribuir en un campo auto sostenible para todos los seres de este planeta.

A mi esposa como uno de los pilares fundamentales que contribuyó como ser excepcional a obtener este logro de vida.

Gracias a todos los estamentos que hacen parte de la Universidad del Valle tanto profesoral, como sindicatos y grupos estudiantiles que intrínsecamente contribuyeron en culminar este proyecto de grado satisfactoriamente; como a la vida que me forjó con un aprendizaje mediante un caminar en el cual fui adquiriendo un millar de conocimientos los cuales quedaron plasmados en mi memoria.

Agradecimientos

A la Universidad del Valle como institución la cual me acogió en sus instalaciones para contribuir en mi proceso de aprendizaje.

Al grupo de investigación ILAMA (Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales y de la Tierra,) por ayudarme tanto a nivel operativo como facilitarme todas las herramientas para poder sacar adelante esta investigación.

A los profesores Orlando Zúñiga Escobar y Cristian Jiménez por su contribución en diferentes aspectos intelectuales de la investigación, así como a Daniel Iván Ospina por prestar una asesoría idónea como intelectual en el desarrollo del proyecto.

A todos los compañeros de estudio y a los profesores Leonel Monroy, Manuel Chacón, Norberto Urrutia, Carmen Rosa forero, Daniel Barragán, que hacen parte del alma mater de la Universidad del Valle, como al programa de ingeniería agrícola el cual hace parte de la escuela EIDENAR (Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente) como de diferentes áreas de la academia. De igual manera, a todos los amigos que contribuyeron para que este proyecto de investigación concluyera con éxito.

Tabla de contenido

1. JUSTIFICACIÓN	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1 TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA	13
3.1.1 Investigaciones del agua tratada magnéticamente (MTW) en los cultivos agrícolas	15
3.2 FERTIRRIEGO	15
3.3 EL CULTIVO DE AJÍ TABASCO (<i>CAPSICUM FRUTESCENS</i>)	16
3.3.1 Generalidades del cultivo.....	16
3.3.1.2. Ciclo vegetativo del ají Tabasco	17
3.3.1.3 Clima	17
3.3.1.4 Siembra	17
3.3.1.6 Fertilización	18
3.3.1.7 Germinación	18
3.3.1.8 Crecimiento y desarrollo.....	19
3.3.1.9 La cosecha	19
3.3.1.10. Plagas.....	19
3.3.2 El ají Tabasco en el agro colombiano.	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1 LOCALIZACIÓN	22
4.2 Instrumento magnetizador	22
4.3 SISTEMA DE RIEGO	23
4.3.1 DEMANDA HÍDRICA EN LAS ETAPAS I Y II DEL CULTIVO DE AJÍ TABASCO	24
4.3.2 Lamina de riego y volumen a aplicar.....	24
4.3.3. Tiempos de riego para las Etapas I y II.....	25
4.3.5 Primera etapa experimental	26
4.3.4 Sistema de fertirriego por aspersión	26

.3.5.1 Germinación	29
4.4 Segunda etapa experimental.....	31
4.4.1 Sistema de fertirriego por goteo	32
4.4.2 Desarrollo crecimiento y fructificación	35
4.5. Modelo Descriptivo para germinación	37
4.6. Modelos estadísticos en crecimiento, desarrollo y fructificación.....	37
5. RESULTADOS Y ANALISIS	38
5.1. RESULTADOS ETAPA I.....	38
5.2.1 RESULTADOS ETAPA II	45
6. CONCLUSIONES.....	60
7. RECOMENDACIONES.....	62
8. REFERENCIAS.....	63
9. Anexos	68
Validación estadística etapas I y II	68

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. FUENTE DE COMPATIBILIDAD NUTRICIONAL PARA FERTIRRIEGO (RODRÍGUEZ, 2009).....	16
TABLA 2. DEMANDA HÍDRICA DEL AJÍ TABASCO. FUENTE: BASADO (MÉNDEZ, 2013).....	24
TABLA 3. REQUERIMIENTO HÍDRICO EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN.....	27
TABLA 4. SOLUCIÓN MADRE PARA PREPARAR UN LITRO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA HOAGLAND AL 50%,M=MOLARIDAD (GRAMOS DE SAL POR LITRO DE SOLUCIÓN (MARTÍNEZ, 2015).	27
TABLA 5. pH Y C.E DE LA SUSTANCIA NUTRITIVA PARA GERMINACIÓN.....	28
TABLA 6. SOLUCIÓN NUTRITIVA AL 50% BASADA EN LA FÓRMULA DE HOAGLAND PARA LA ETAPA DE GERMINACIÓN	28
TABLA 7. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN.....	30
TABLA 8. DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE LAS VARIABLES QUE FUERON ANALIZADAS EN LA ETAPA DE GERMINACIÓN.	30
TABLA 9. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO .FUENTE: AGRILAB (SERVICIOS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS) ANÁLISIS DE FERTILIDAD 24/05/2017.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 10. PLANTAS DE AJÍ TABASCO MEDIANTE ESTRÉS HÍDRICO EN LA SEGUNDA ETAPA.....	31
TABLA 11. SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA FERTIRRIEGO AL 50% BASADA EN LA FÓRMULA DE HOAGLAND PARA LA SEGUNDA ETAPA. M=MOLARIDAD (GRAMOS DE SAL POR LITRO DE SOLUCIÓN (MARTÍNEZ, 2015).....	33
TABLA 12. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS CON ESTRÉS HÍDRICO SEGUNDA ETAPA.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 13. DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE LAS VARIABLES QUE FUERON EVALUADAS EN LA ETAPA DE DESARROLLO Y FRUCTIFICACIÓN.	36
TABLA 14. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL pH DEL AGUA DE RIEGO AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO.	42
TABLA 15. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E) EN UNIDADES DE (DS/M) DEL AGUA DE RIEGO AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO.	43
TABLA 16. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE EN LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL AGUA DE RIEGO EN GERMINACIÓN AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO	44
TABLA 17. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN LA CANTIDAD DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	45
TABLA 18. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN LA CANTIDAD DE FRUTOS RESPECTO A LAS COMBINACIONES DE LOS TRATAMIENTOS.....	46
TABLA 19. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL PESO FRESCO DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	47
TABLA 20. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL PESO SECO DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	48
TABLA 21. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN EL PESO SECO DE FRUTOS RESPECTO A LA COMBINACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	49
TABLA 22. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL PESO FRESCO DE HOJAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	50
TABLA 23. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADOS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL PESO SECO DE HOJAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	51
TABLA 24. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN EL PESO SECO DE HOJAS RESPECTO A LA COMBINACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 25. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADOS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL ÁREA FOLIAR RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.	53
TABLA 26. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN EL ÁREA FOLIAR RESPECTO A LA COMBINACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	54
TABLA 27. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADOS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN EL POTENCIAL HÍDRICO RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 28. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADOS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN LA FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 29. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN LA FLORESCENCIA DE LA CLOROFILA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO.....	57
TABLA 30. VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EVALUADAS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EN LA HUMEDAD DEL SUELO RESPECTO CADA TRATAMIENTO.....	58
TABLA 31. DIFERENCIAS DE MEDIAS EVALUADAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN EL ÁREA FOLIAR RESPECTO A LA COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS.	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO QUE ILUSTRAS LA RELACIÓN ENTRE LA FUERZA MAGNÉTICA, CAMPO MAGNÉTICO Y VELOCIDAD PARA UNA CARGA EN MOVIMIENTO (FREEDMAN ET AL., 2009).	13
FIGURA 2. ORIENTACIÓN DEL ESPÍN DE LAS MOLÉCULAS BAJO UN CAMPO MAGNÉTICO Y SIN ÉL (LAURELLA, 2017).	14
FIGURA 3. BOSQUEJO QUE DESCRIBIÓ LA METODOLOGÍA EMPLEADA DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN TODA LA INVESTIGACIÓN.	21
FIGURA 4. GRAFICA QUE DESCRIBE LA UBICACIÓN SATELITAL DEL INVERNADERO DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN. (FUENTE: GOOGLE EARTH. FECHA DE CONSULTA: 7 DE ABRIL DEL 2018).	22
FIGURA 5. ESTIMULADOR MAGNÉTICO MODELO QUANTUM BIOTEK. (OSPINA ET AL., 2018).	23
FIGURA 6. SISTEMA DE BOMBEO EMPLEADO PARA RECIRCULAR EL AGUA DE RIEGO. AUTOR: (OSPINA ET AL., 2018).	23
FIGURA 7. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN GERMINACIÓN.	26
FIGURA 8. GERMINACIÓN DE PLÁNTULAS DE AJÍ TABASCO.	29
FIGURA 9. PLANTAS DE AJÍ TABASCO EVALUADAS MEDIANTE ESTRÉS HÍDRICO, CON UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.	32
FIGURA 10. EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE AJÍ TABASCO EN LOS TRATAMIENTOS.	38
FIGURA 11. BIOMASA DE PLÁNTULAS DE AJÍ TABASCO MEDIANTE EL PESO FRESCO DE HOJAS.	39
FIGURA 12. BIOMASA DE PLÁNTULAS EN EL PESO SECO DE HOJAS EN GERMINACIÓN.	40
FIGURA 13. REGRESIÓN LINEAL EN PLÁNTULAS DE MTW.	41
FIGURA 14. REGRESIÓN LINEAL EN PLÁNTULAS CONTROL (CON).	41
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DEL PH DEL AGUA DE RIEGO EN GERMINACIÓN AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO.	42
FIGURA 16. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE (C.E) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL AGUA DE RIEGO EN GERMINACIÓN AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO.	43
FIGURA 17. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL EN EL AGUA DE RIEGO EN GERMINACIÓN AL INICIO Y AL FINAL DE CADA TRATAMIENTO.	44
FIGURA 18. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE CANTIDAD DE FRUTOS POR PLANTA. DATOS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.	45
FIGURA 19. CANTIDAD DE FRUTOS CON UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% MEDIANTE EL TEST DE TUKEY.	46
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE PESO FRESCO DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	47
FIGURA 21. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE PESO SECO DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	48
FIGURA 22. DIFERENCIAS DE MEDIAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY EN PESO SECO DE FRUTOS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	49
FIGURA 23. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE PESO FRESCO DE HOJAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	50
FIGURA 24. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE PESO SECO DE HOJAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	51
FIGURA 25. DIFERENCIAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY DE PESO SECO DE HOJAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	52
FIGURA 26. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE ÁREA FOLIAR DE CADA PLANTA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	53
FIGURA 27. DIFERENCIAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY DE ÁREA FOLIAR DE PLANTAS RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	54
FIGURA 28. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DEL POTENCIAL HÍDRICO DE LA PLANTA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	55
FIGURA 29. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE LA FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	56
FIGURA 30. DIFERENCIAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY DE LA FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	57
FIGURA 31. DIAGRAMA DE CAJA O DE ALAMBRE DE LA HUMEDAD DEL SUELO RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	58
FIGURA 32. DIFERENCIAS MEDIANTE EL TEST DE TUKEY DE LA HUMEDAD DEL SUELO RESPECTO A CADA TRATAMIENTO	59

LISTA DE ABREVIATURAS

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Sulfato de amonio	m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
A.C	Area del Cultivo	mg	Miligramo
ANOVA	Análisis de varianza	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Cloruro de magnesio hexahidratado
C.E	Conductividad Eléctrica	MgSO_4	Sulfato de magnesio
C.e	Caudal de emisores	mm	Milímetro
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Nitrato de calcio	MnCl_2	Cloruro de manganeso
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Nitrato de calcio Hidrolizado	mT	Militesla
CaCl_2	Cloruro de calcio	MTW	Agua Tratada Magnéticamente
cm	Centímetro	N	Nitrógeno
CON	Control	Na_2MoO_4	Molibdato de sodio
CuSO_4	Sulfato de cobre	NH_4NO_3	Nitrato de amonio
d d t	días después del trasplante	Numero de emisores	
G.a.h	Gasto de agua por hora	P	Fósforo
H_3BO_3	Ácido bórico	pH	Potencial de hidrógeno
ha	Hectárea	t	tonelada
K	Potasio	TRmin	Tiempo de Riego en minutos
KH_2PO_4	Fosfato monopotásico	Ua	Unidades de absorbancia
KNO_3	Nitrato de potasio	VR	Volumen de Riego
LAR	Lamina de Riego	ZnSO_4	Sulfato de zinc
m	Metro		

Resumen

La exposición previa del agua de riego a un campo magnético conduce a un aumento en la productividad vegetal y a cambios en la fisiología de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del Agua Tratada Magnéticamente (en adelante MTW¹) en el crecimiento, desarrollo y producción mediante parámetros fisiológicos en el cultivo de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*). El presente trabajo se dividió en dos fases experimentales: la primera desde germinación y producción de plántulas de 40 días y la segunda desde trasplante hasta maduración de frutos.

En la primera etapa se evaluaron siete parámetros los cuales analizaron la biomasa frente a tres parámetros fisicoquímicos en el agua. En la segunda etapa se evaluaron nueve parámetros de biomasa incluyendo las de determinación de estrés hídrico al 50% y 100% del volumen de agua a regar durante el proceso de crecimiento, desarrollo y fructificación. Este seguimiento en toda la investigación se realizó con MTW y agua sin tratar, suplementando la nutrición mediante fertirrigación. Adicionalmente durante este trabajo se emplearon modelos estadísticos de análisis de variabilidad para los tratamientos.

Los resultados estadísticos obtenidos en la primera etapa del ají Tabasco, no mostraron ningún incremento en la emergencia de plántulas con el MTW respecto a las de control. Además la biomasa analizada en esta etapa mediante la TCR² (Tasa de Crecimiento Relativo) denominada índice de eficiencia, determinó pocas diferencias debido a la enfermedad damping-off adquirida por la planta en la etapa de germinación que adquirió causada por el exceso de humedad en el suelo; de igual manera los resultados fisicoquímicos (conductividad eléctrica, pH, tensión superficial) del agua, no mostraron ninguna diferencia estadísticamente significativa, ni en el agua en reposo, ni en el agua recirculada control, como tampoco en MTW recirculada. Lo anterior puede deberse a errores de muestreo o precisión del equipo empleado.

¹ Agua Tratada Magnéticamente (Magnetically Treated Water)

² Tasa de Crecimiento Relativo

En la segunda etapa se evaluó el cultivo bajo estrés hídrico el cual obtuvo datos estadísticamente significativos en el tratamiento de MTW al 50% de volumen de agua, es decir con la mitad del volumen de agua, este se determinó mediante los parámetros de biomasa y fisiológicos en la planta, implementando un análisis de varianza en cada una de las variables analizadas con el tratamiento control donde el resultado en cantidad de frutos fue de 365,8 frutos respecto al tratamiento control que obtuvo 277,6 frutos. Además, en el peso seco de frutos se obtuvo un valor de 92g respecto a 66g de control. En peso seco de hojas se tuvo 0,5628g respecto 0,3125g en el tratamiento control. En el área foliar se calculó 125,42 cm² a diferencia del tratamiento control que fue de 93,14cm². En el porcentaje de humedad del suelo se obtuvo un 29,37% v/v respecto al tratamiento control que fue del 23,67% v/v y en la fluorescencia de la clorofila se midió 0,757 Ua respecto a 0,753 Ua de control. Todos estos resultados obtenidos evidenciaron que el comportamiento agronómico de la planta fue efectivo para el tratamiento MTW 50% del volumen de agua, lo cual muestra que esta tecnología mitiga el estrés hídrico del cultivo de ají Tabasco.

Abstract

The previous exposure of irrigation water to a magnetic field leads to an increase in plant productivity and changes in the physiology of plants. The objective of this study was to evaluate the effect of magnetically treated water (hereinafter MTW) on the growth, development and production by physiological parameters in the cultivation of Tabasco red pepper (*Capsicum frutescens*). The present work was divided into two experimental phases: the first from germination and seedling production of 40 days and the second from transplant to fruit ripening. In the first stage, seven parameters were evaluated which analyzed the biomass against three physicochemical parameters in the water. In the second stage, nine parameters of biomass were evaluated, including those for determination of water stress at 50% and 100% of the volume of water to be irrigated during the process of growth, development and fruiting. This follow-up in all the research was done with MTW and untreated water, supplementing nutrition through fertigation. Additionally, statistical models of variability analysis for the treatments were used during this work.

The statistical results obtained in the first stage of the Tabasco pepper did not show any increase in the emergence of seedlings with the MTW compared to the control ones. In addition, the biomass analyzed in this stage by means of the TCR (Relative Growth Rate) called the efficiency

index, determined few differences due to the damping-off disease acquired by the plant in the germination stage that it acquired caused by excess moisture in the ground; Likewise, the physicochemical results (electrical conductivity, pH, surface tension) of the water did not show any statistically significant difference, neither in the water at rest, nor in the recirculated water control, nor in recirculated MTW. The above may be due to sampling errors or accuracy of the equipment used.

In the second stage, the crop under water stress was evaluated, which obtained statistically significant data in the treatment of MTW at 50% of the volume of water, that is, with half the volume of water, this is determined by the biomass and physiological parameters in the plant, implementing an analysis of variance in each of the variables analyzed with the control treatment where the result in number of fruits was 365.8 regarding the control treatment that he obtained 277.6. In addition, in the dry fruit weight, a value of 92g was obtained with respect to 66g of control. The dry weight of leaves was 0.5628g compared to 0.3125g in the control treMTWent. In the leaf area, 125.42 cm² was calculated, unlike the control treatment, which was 93.14 cm². In the soil moisture percentage, 29.37% of v/v was obtained compared to the control treatment, which was 23.67% v/v and in the fluorescence of the chlorophyll, 0.757 Ua was measured compared to 0.753 Ua of control. All these results showed that the agronomic behavior of the plant was effective for the 50% MTW treatment, which shows that this technology mitigates the water stress of the Tabasco pepper crop.

Introducción

El ají Tabasco *Capsicum frutescens* es un arbusto de la familia de las solanáceas, con producción óptima en suelos franco arcillosos, profundos y bien drenados con un pH entre 5.5 y 6.8. Este cultivo se desarrolla adecuadamente a una humedad relativa entre 55% y 90%, elevaciones entre 0-1100 m.s.n.m. y una temperatura entre 20 y 28 °C. Actualmente, Colombia cuenta con un gran número de variedades de ajís picantes, cuya producción se concentra en los departamentos de Bolívar, Atlántico, Magdalena, Guajira y Valle del Cauca, favorecida por las condiciones climáticas y geográficas de estas regiones (Rugeles *et al.*, 2010; MADR, 2018). La demanda mundial de ají inició hace 30 años junto con un gran interés de los productores hacia Colombia, dadas sus condiciones climáticas favorables para el manejo de esta solanácea. Los factores como el cambio climático y la degradación de suelos mediante el uso inadecuado de agro insumos han ocasionado una reducción en la productividad (Rada *et al.*, 2011; Ruiz, 2017)

La presente investigación busca encontrar una alternativa ecológica, sostenible e innovadora para la agricultura convencional, tomando una perspectiva de vanguardia al emplear tecnología de irrigación con Agua Tratada Magnéticamente (MTW) (Ali *et al.*, 2014). La utilización de campos magnéticos en la agricultura se ha venido investigando desde la década de los cuarenta del siglo XX, teniendo en cuenta que el propio planeta Tierra es el generador del campo de mayor efecto sobre los organismos biológicos (Maffei, 2014). El uso de esta tecnología ayudaría a economizar el uso del agua de riego, así como optimizar el flujo de agua en tuberías y reducir la acumulación de sales en el suelo causada por el uso indiscriminado de fertilizantes y factores ambientales. Esta tecnología ha sido implementada en suelos salinos en otros países (Xiumei *et al.*, 2017; Chaves *et al.*, 2005) Teniendo en cuenta esta premisa, la investigación presentará los resultados del MTW en cuanto a rendimiento y reducción del uso del agua, y su eficiencia en la generación de biomasa en ají Tabasco.

Los factores limitantes en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de ají Tabasco se reflejan en un inadecuado suministro de nutrientes, como de agua de riego durante el

crecimiento y desarrollo en campo. Si bien desde la etapa del semillero se presentan problemas como un alto porcentaje de mortalidad en las plántulas debido a su poco vigor (Cuadrado, 1993). Hasta la fecha la explicación de cómo el mecanismo magnético afecta las propiedades del agua solo se ha investigado en otros países (Esmaeilnezhad *et. al* 2017). Además se cree que los diversos fenómenos a nivel molecular presentados mediante el MTW podrían incidir directa o indirectamente en el crecimiento y desarrollo de la planta (Dannehl, 2018). Un campo magnético actúa sobre los iones presentes en el agua que se encuentra circulando a través de él. Estos iones poseen una carga eléctrica positiva o negativa y el campo provoca la aparición de una fuerza que actúa sobre los iones que se están moviendo, la cual se denomina *fuerza magnética*. Debido a esto y a la característica diamagnética del agua, que al repeler cualquier campo magnético inducido, ocasiona ciertos cambios a nivel molecular (Huo *et. al* 2011).

En la presente investigación, se trabajó con un instrumento magnetizador tipo magnetrón desarrollado por la firma *Omni Enmro Water System*, modelo *Quantum Biotek* de una intensidad variable de 0 a 156 mT. Haciendo uso de este instrumento, se estimuló el agua durante un intervalo de 5 minutos en las etapas de germinación y la de crecimiento, desarrollo y fructificación. Este tiempo de estimulación magnética obedece a los resultados de (Ospina, 2017).

El resultado obtenido en la investigación fue la optimización del uso del agua en el cultivo para generar mayor ganancia de biomasa en las plantas. Es importante resaltar que se evaluó el desempeño que tiene la aplicación de la tecnología MTW a lo largo de las diferentes etapas del cultivo, es decir desde su emergencia hasta la producción de frutos. Además, se determinó el volumen de riego y el tiempo a regar durante estos procesos. Lo anterior con el objetivo de evaluar las plantas con criterios agronómicos.

Durante las dos etapas previstas para el proyecto (I. germinación, II. crecimiento, desarrollo y fructificación), adicionalmente se fertilizo utilizando la fórmula establecida por Hoagland y Arnon, (1952); modificada mediante un criterio técnico, siendo esta utilizada tan solo en 4 oportunidades dentro del desarrollo del cultivo. Asumiendo toda la responsabilidad en el MTW.

1. Justificación

La producción agrícola en Colombia se ha desarrollado bajo condiciones convencionales de productividad, generando en el país en el año 2007 una producción de 5 Ton/ha, teniendo un incremento en el año 2017 de 12 Ton/ha. Esta situación en la actualidad ha estimulado empresarialmente al cultivo del ají Tabasco convirtiéndolo promisorio para el país MADR.(2018). Además, este cultivo en el departamento del Valle del Cauca ha producido 3.190 Ton/año. Adicionalmente en promedio ha ofrecido muy buenas oportunidades socioeconómicas especialmente en la etapa de siembra y cosecha, generando empleos de 650 jornales/ha (Méndez, 2013; Rugeles, 2010).

Hasta el momento, los estudios realizados en torno al cultivo del ají Tabasco no han sido evaluados desde la germinación hasta su crecimiento, desarrollo y fructificación mediante fertirriego con MTW. Sin embargo, muy pocos han evaluado parámetros de medición, tales como el estrés hídrico, así como la fisiología vegetal de la planta. Empleando la fórmula de Hoagland y Arnon de (1952) modificada técnicamente para este cultivo en especial. Este es el campo de interés de la investigación presentada, pues considerando de gran importancia la aplicación de los parámetros mencionados en el cultivo tratado, ya que de este modo habrá un sustento para futuros trabajos agrícolas en torno al cultivo del ají en cuestión, proporcionando así una posibilidad de optimizar el recurso hídrico obteniendo mayor producción. (Martínez, 2015; Romero *et al.*, 2016).

En la política nacional durante el periodo del 2010 al 2017 las exportaciones hortícolas, generaron empleo y aumentaron su capacidad con base en el análisis del proceso de la cadena productiva en el sector agrícola (PND, 2015; UPRA,2016). Los estudios realizados en Colombia sobre el cultivo de ají Tabasco respecto a la influencia que tiene el MTW son escasos, lo cual hace que los estudios realizados estén basados en información de otros países (Berrios *et al.*, 2007; Zúñiga *et. al* 2016) Teniendo en cuenta lo anterior, la elección del tema de la presente investigación se basó en la búsqueda de una respuesta acertada en la asimilación del MTW mediante la acumulación de biomasa desde su fase de germinación hasta desarrollo y fructificación. Además, en la fase de producción se utilizó un factor de estrés hídrico (reduciendo la lámina de riego a la mitad) con y sin MTW, Adicionalmente este se implementó bajo condiciones de invernadero con un sistema de riego por goteo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el desarrollo fisiológico de plantas de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) mediante agua tratada magnéticamente (MTW).

2.2. Objetivos específicos

- Comparar los parámetros de acumulación de biomasa en la germinación, desarrollo y producción, mediante fertirriego con agua tratada magnéticamente (MTW) .
- Determinar algunas diferencias en las propiedades fisicoquímicas del MTW durante la emergencia, de plantas de ají Tabasco.
- Comparar el comportamiento fisiológico en el rendimiento de plantas de ají Tabasco bajo estrés hídrico, tanto con MTW como con agua sin tratar.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Tratamiento magnético del agua

Durante las investigaciones de los últimos decenios al tratamiento magnético del agua se le asignó el nombre de Agua Tratada Magnéticamente (MTW). Gran parte de la comunidad científica dedicada a este campo, afirma que la molécula del agua es un vehículo de transmisión de información electromagnética, cuyos efectos biológicos son generados por la modificación de su polarización y no por moléculas activas Ospina, (2017; Ghernaout, 2018).

Un campo magnético, es un campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas y el cual es perpendicular a la velocidad que experimenta una carga que se mueve en forma paralela a la corriente producida por las cargas. Para ilustrar un poco mejor lo anterior se muestra la figura 1.

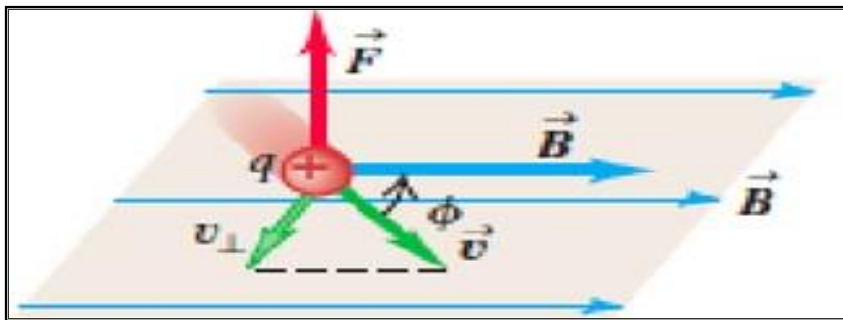


Figura 1.Diagrama esquemático que ilustra la relación entre la fuerza magnética, campo magnético y velocidad para una carga en movimiento (Freedman et al., 2009).

Se observa en la gráfica que la carga q se mueve a una velocidad v formando un ángulo ϕ con el campo magnético B y la fuerza magnética F es perpendicular al plano que los contiene. Al aplicar un campo magnético sobre el agua, este actúa sobre los iones presentes en el líquido. Estos iones poseen carga eléctrica positiva o negativa. Mientras se mueven, se ven afectados por una fuerza, denominada *fuerza magnética*. Debido a esto y a la característica diamagnética del agua, la cual repele cualquier campo magnético inducido, ocasiona ciertos cambios a nivel molecular. Sin embargo, esta influencia de los campos magnéticos sobre el rompimiento de las fuerzas intermoleculares que mantienen las moléculas de agua en la fase líquida, sigue siendo un tema de gran discusión. A continuación, se muestra en la figura 2 qué sucede con el agua cuando es estimulada bajo un campo magnético (Freedman et al., 2009; Maheshwari & Grewal 2009).

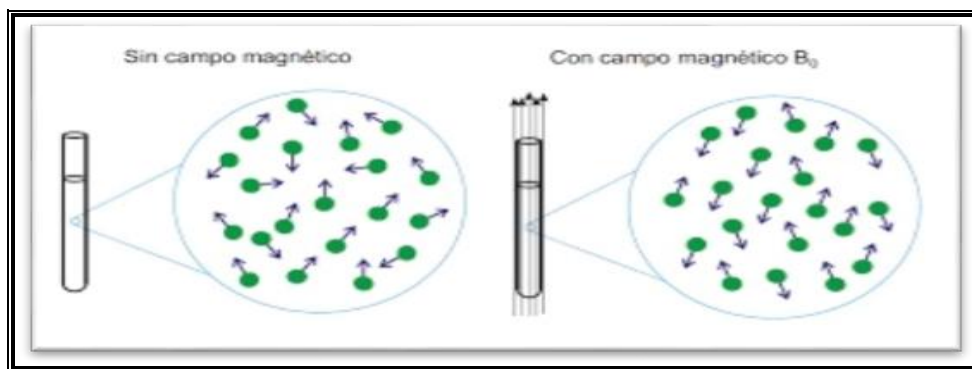


Figura 2. Orientación del espín de las moléculas bajo un campo magnético y sin él (laurella, 2017).

Se observa la orientación del espín de cada molécula y su organización a partir de una estimulación externa dada por un campo magnético (laurella, 2017).

Investigaciones aseguran que los enlaces de hidrógeno se fortalecen formando nuevos enlaces; mientras las fuerzas de Van der Waals promueven la unión entre moléculas de agua (Ospina *et al.*, 2018).

Esmailnezhad *et., al* (2017) hace un recuento de cómo se implementó el método magnético en un líquido en 1953 por Sophie y cómo este fue reconocido en el mundo académico como en la industria, a pesar de la controversia y la falta de comprensión completa de este tema. Desde entonces, la técnica de magnetización de agua se ha desarrollado en muchas áreas, tales como la agricultura y la medicina beneficiando al ser humano cada vez en diferentes retos del mundo actual.

Por otro lado, el departamento de defensa de los Estados Unidos ha investigado la reducción de calcificación y los problemas asociados con el agua dura (alto contenido de carbonatos) por medio del tratamiento magnético del agua, así como el aporte de este método en la extracción de sedimentos en las tuberías (Esmailnezhad *et., al* 2017).

El agua como material diamagnético³ tiene una susceptibilidad magnética de $7.20 \times 10^{-3} \text{ JT}^{-2}/\text{Kg}$. Así mismo, al ser un líquido polar y asociativo se posibilita la alteración de sus enlaces intermoleculares mediante campos magnéticos, pasando a un estado metaestable⁴ y mantenerlo durante cierto periodo de tiempo (Xiumei *et al.*, 2017).

³ Tendencia de un material a oponerse a un campo magnético aplicado y por tanto hacer repelido por el mismo.

⁴ Diferentes estados de equilibrio de la molécula

Los campos magnéticos en el agua modifican las propiedades de la misma. Investigaciones recientes demuestran que tanto su pH, como la tensión superficial, la conductividad eléctrica, el ángulo de contacto y su viscosidad. Estos factores son esenciales para lograr cambios positivos en las diferentes etapas fisiológicas de la planta (Esmaeilnezhad *et al.*, 2017; González & Martín, 2016).

3.1.1 Investigaciones del agua tratada magnéticamente (MTW) en los cultivos agrícolas

Dannehl, (2018) en la investigación *Effects of electricity on plant responses* hace una síntesis de 46 investigaciones de las cuales obtuvieron resultados positivos en la implementación del agua tratada magnéticamente. Dicha tecnología fue aplicada en las diferentes etapas vegetativas de cultivos desde hortalizas hasta tubérculos y plantas de ciclo corto que se han estudiado con campos magnéticos de diferente intensidades. Estos fueron analizados mediante su biomasa y elicitores⁵. Existen diferentes investigaciones con estimulación magnética ya que desde la década de los cuarenta del siglo XX se ha probado esta tecnología en diferentes cultivos, entre los más recientes tenemos a Ospina *et al.*, (2018) donde evaluó la fotosíntesis y el rendimiento de biomasa en ají, rábano y maíz sometidos a agua tratada magnéticamente.

3.2 Fertirriego

Fertilizante es todo elemento sintético o natural, orgánico e inorgánico que se le suministre al suelo o a las plantas para suplir las necesidades nutricionales necesarias para el crecimiento y desarrollo de estas. El fertirriego es la combinación de agua y fertilizantes altamente solubles. Posee unas especificaciones de pH y conductividad eléctrica debido a las sales que contiene. Estas se separan en cationes y aniones, los cuales ocasionan reacciones químicas de las que depende una buena absorción de los nutrientes en el cultivo a trabajar. Además, el agua es el vehículo transportador de los elementos nutritivos desde el suelo a través de las raíces hasta los demás órganos de la planta. Para que este proceso ocurra debe ser adecuada la relación entre planta, suelo y agua. (Rodríguez, 2009).

⁵ son moléculas capaces de inducir cualquier tipo de defensa en la planta y son producidos por agentes estresantes bióticos y abióticos.

La aplicación de los fertilizantes mediante fertirriego en el cultivo del ají Tabasco requiere de alta solubilidad con el fin de no presentar obstrucciones en los elementos que componen el sistema de riego como son los emisores y la tubería implementada. Además, la compatibilidad de los fertilizantes como la composición química del agua es de vital importancia, porque pueden ocasionar reacciones no beneficiosas para el cultivo (Rodríguez, 2009; Vera, 2015).

Tabla 1. Fuente de compatibilidad nutricional para fertirriego (Rodríguez, 2009).

Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Sulfato de amonio	Nitrato de amonio cálcico	Nitrato de potasio y sodio	Nitrato de calcio	Cianamida de calcio	Urea	Superfosfato, fosfato triple	Fosfato de amonio	Escorias básicas	Fosfato rhenania	Hiperfosfatos	Carbonato de calcio	
A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	Cloruro de potasio
A	A	A	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	Sulfato de potasio
A	A	A	A	B	B	C	B	A	A	C	C	B	C	Sulfato de amonio
B	B	A	A	B	B	C	B	A	A	C	B	A	A	Nitrato de amonio cálcico
B	B	B	A	A	A	B	B	A	A	A	A	B	A	Nitrato de potasio y sodio
B	B	B	B	B	A	B	B	C	C	B	B	B	B	Nitrato de calcio
B	A	C	C	B	B	A	B	C	C	A	A	A	A	Cianamida de calcio
B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	C	Urea
A	A	A	B	B	C	C	B	A	A	C	C	C	C	Superfosfato, fosfato triple
A	A	A	B	B	C	C	B	A	A	C	C	C	C	Fosfato de amonio
A	A	C	C	A	B	A	B	C	C	A	A	A	A	Escorias básicas
A	A	C	B	A	B	A	B	C	C	A	A	A	A	Fosfato rhenania
A	A	B	A	A	B	A	B	C	C	A	A	A	A	Hiperfosfatos
A	A	C	A	A	B	A	C	C	C	A	A	A	A	Carbonato de calcio

A: Fertilizantes factibles de mezclarse.

B: Fertilizantes factibles de mezclarse en corto tiempo antes de usarse.

C: Fertilizantes no factibles de mezclarse por razones químicas.

3.3 El cultivo de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*)

3.3.1 Generalidades del cultivo.

La planta de ají Tabasco (*Capsicum frutescens*) presenta una forma semiarbustiva y alcanza una altura de 0.60 a 1.50 m, en relación con la variedad de la misma. La semilla se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto, su color es blanco crema, de forma aplanada y lisa, su dimensión varía entre 2.5 y 3.5 mm. El sistema de raíces que conforman la planta es de tipo pivotante, y desarrolla posteriormente un sistema radicular lateral muy ramificado. El tallo, por su parte, puede presentar una forma cilíndrica o prismática angular. En cuanto a sus ramas, siempre presenta una más gruesa que la otra, lo cual hace que estas se rompan con facilidad por

las uniones de las ramificaciones. Este tipo de ramificación hace que la planta tenga una forma umbelífera (Anton, 2017; Ugás & Mendoza 2012).

El estudio de la taxonomía del género *Capsicum* es complejo, ya que existe gran variedad de formas en las especies cultivadas, así como diversidad de criterios de clasificación (Cardona, 2013).

3.3.1.2. Ciclo vegetativo del ají Tabasco

Propone la investigación de Herrera (2015) que el ciclo vegetativo del ají Tabasco tiene tres fases que inician después del trasplante de las plántulas:

- Fase I: Desde la germinación hasta el trasplante. La planta alcanza un 10% de su desarrollo, esto ocurre en 35 días.
- Fase II: Inicia terminando la fase anterior y finaliza antes de la floración, esto corresponde a un 70% a 80% de la cobertura vegetal de la planta. Esto ocurre en 75 días.
- Fase III: Corresponde al periodo de floración y desarrollo de frutos. Esto ocurre en 120 días.

3.3.1.3 Clima

El clima es uno de los factores fundamentales en el desarrollo del ají Tabasco. Este cultivo se desarrolla adecuadamente a una humedad relativa de 55-90%, con una altitud entre 0-1100 m.s.n.m. y una temperatura entre 20 y 28 °C (Yáñez *et al* 2015).

La temperatura mínima permisible es de 16 °C y máxima de 30 °C. Un impacto negativo en los procesos fisiológicos de formación de flores, fecundación y producción de frutos es el incremento de la temperatura por encima de los 35 °C. Dada esta característica, la especie se adapta a climas tropicales húmedos (Rodríguez, 2009).

3.3.1.4 Siembra

El procedimiento de siembra del ají Tabasco se da mediante una semilla. Estas emergen entre los 15 o 17 días. Para el trasplante del ají Tabasco esta debe tener una altura entre 12 y 15 cm, un diámetro de tallo de 5 a 7 milímetros y poseer de 4 a 5 folíolos. Esto ocurre normalmente en un periodo comprendido entre los 18 a 28 días (Mundarain *et al.*, 2005).

3.3.1.5 Riego

El agua de riego a suministrar en un cultivo debe garantizar las necesidades hídricas durante las diferentes etapas fenológicas, esto se garantiza generando una programación de riego donde se

deben conocer las características del cultivo, las propiedades físicas del suelo y las condiciones climáticas de la zona (Rázuri *et al.*, 2009).

El sistema de riego en un proyecto productivo es de gran importancia y depende varios factores económicos, ambientales y productivos. En este sentido, el sistema de riego por goteo es uno de los más utilizados gracias a su adecuación, ya que se puede llevar un control y un seguimiento al cultivo respecto a factores de humedad e hídricos, y puede utilizarse como medio para suplir las necesidades nutricionales de las plantas (Herrera, 2015).

3.3.1.6 Fertilización

En los cultivos agrícolas se debe manejar cantidades adecuadas de los nutrientes esenciales a través de una buena fertilización para que las plantas puedan realizar funciones fisiológicas importantes como la toma, transporte, transformación y producción de alimentos. Además, se debe contar con un análisis previo de los nutrientes contenidos en el suelo a trabajar, con el fin de utilizar la dosis adecuada durante el tiempo adecuado de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo, evitando así un aumento en los costos de producción. Esto permite que el agricultor obtenga mayores ganancias, buena sanidad vegetal, calidad en el producto y un equilibrio del medio ambiente (Rodríguez, 2009).

Anton, (2017) propone que la actividad de aplicación de nutrientes edáficos al inicio, después de los cinco días de emerger en las bandejas. Algunas de las fórmulas utilizadas obedecen a la etapa vegetativa del cultivo. Establece dosificaciones de nutrientes tales como 15-30-15, 14-48-0, 12-61-0, 18-18-18 utilizados comercialmente. Adicionalmente la fórmula de Hoagland y Arnon es utilizada para diferentes cultivos implementados en hidroponía, además esta fue modificada para trabajar en sustratos como en suelo. Esta fórmula parte de una sustancia madre de la que se toma para optimizarla en su pH, su conductividad eléctrica y el intercambio catiónico para que sea asequible a las plantas y no causarles un efecto negativo (Martínez, 2015).

3.3.1.7 Germinación

La germinación comienza en una semilla la cual trae toda la información genética de la cual dependerá que esta plántula se transforme en una planta de excelentes condiciones productivas. Los factores influyentes en que las semillas emerjan son: la temperatura, el agua, el oxígeno y la presencia de luz. Además, algunas variedades de ají dependen de las reservas del embrión, así como la capacidad fotosintética y de la genética de la misma para su desarrollo (Mundarain *et al.*, 2005).

3.3.1.8 Crecimiento y desarrollo

En la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo del ají Tabasco el crecimiento es rápido y la asimilación de nutrientes de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan. Esta coincide con el inicio de la floración que ocurre a los 120 días después del trasplante, para luego entrar en la etapa de fructificación en donde la planta requerirá más lámina de agua (Martínez, 2015).

3.3.1.9 La cosecha

La cosecha del ají Tabasco se hace manualmente entre los 100 y 120 días después del trasplante (d d t) de las plántulas. El primer ciclo de fructificación se efectúa a los 4 meses (d d t) recolectando mayor cantidad de frutos. El peso promedio de cada fruto oscila los 3.70g, además la altura promedio de está es de 1.24m, sus frutos son de color amarillo, anaranjado a rojo. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta (Méndez, 2013).

3.3.10. Plagas

Esta solanácea es susceptible a enfermedades en sus diferentes etapas vegetativas, la más frecuente ocurre en la etapa de germinación donde el *dampig-off* o pudrición de la raíz provoca una mortalidad del 40% al 70% de plántulas. Los factores que promueve esta situación es el exceso de humedad en el semillero, adicionalmente existen plagas que amenazan el cultivo en todo su proceso evolutivo como son: los trozadores, los Thrips, los Afidos, los perforadores (Velázquez et al., 2013).

3.3.2 El ají Tabasco en el agro colombiano.

Con el fin de incrementar el potencial exportador del cultivo del ají Tabasco en Colombia, se ha promovido la difusión de los beneficios, utilidades y usos de la planta, además de la facilidad de su procesamiento industrial (PTP, 2013).

Entre las utilidades de esta planta se destacan las siguientes: la condimentación de alimentos y los usos medicinales en la elaboración de paliativos de dolor (propiedades analgésicas), dado su alto contenido de ácido ascórbico, ya que según investigaciones este tiene 10 veces más que los cítricos (Mendoza, 2006).

En relación con la condimentación de alimentos, se han realizado investigaciones que indican que la sustancia encargada de producir su característico picor, es un alcaloide denominado capsaicina fenol etérica ($C_{18}H_{27}NO_3$), la cual resulta picante al paladar, y cuyo sabor alcanza a ser percibido en soluciones de 1:100.000 unidades Scoville⁶ (Mendoza, 2006).

La comercialización industrial de alimentos de pasta de ají picante en el departamento del Valle del Cauca fue impulsada por el empresario Hugo Restrepo una de las personas que exportan este producto a Estados Unidos, Europa y el Medio Oriente, ya que su producto se ha posicionado por su calidad, siendo el primer proveedor de la empresa McHenney & Co (Tello, 2010).

Las propiedades medicinales del ají Tabasco se encuentra en la capsaicina presente en el fruto de la planta. Además, está compuesto de vaniloides⁷, que permite que se unan a las proteínas en la mitocondria de las células cancerosas, generando la apoptosis o muerte celular sin dañar a las células sanas circundantes. La bioquímica de las mitocondrias en células cancerosas es muy diferente a la de las células normales, de ahí la gran selectividad de la capsaicina en el tratamiento de los diferentes tipos de cáncer. Además, la capsaicina es utilizada también como analgésico tópico en algunos pacientes (Anton, 2017).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación presentada fue realizada en dos etapas, en la primera de ellas correspondiente a la germinación de plántulas, donde se tomaron cinco bandejas con MTW y cinco más de Control (CON). Durante esta etapa se evaluó la biomasa con cuatro variables y las propiedades fisicoquímicas del agua de riego como el pH, la tensión superficial y la conductividad eléctrica en el MTW y en el agua convencional (CON). La segunda etapa comprendió el crecimiento, desarrollo y fructificación, de esta se tomaron 48 plantas de ají Tabasco del semillero de la etapa anterior, la escogencia de las plántulas se realizó de la siguiente forma: se tomaron 24 plántulas de las bandejas de MTW y las restantes de las de control (CON), de estas se evaluarán parámetros de biomasa como (número de frutos, peso fresco de frutos, peso seco de frutos, peso fresco de hojas, peso seco de hojas, área foliar) adicionalmente se analizarán variables del

⁶ Unidad que se utiliza para determinar qué cantidad de capsaicina posee el fruto analizado.

⁷ Familia de moléculas a las que pertenece la capsaicina.

comportamiento fisiológico mediante parámetros de (potencial hídrico y fluorescencia de la clorofila), como el porcentaje de humedad del suelo. Además, las plantas se evaluaron bajo un estrés hídrico empleando un volumen de agua al 100% de su capacidad de campo esto se realizó para 24 plantas y la otra mitad de estas se trabajó a la mitad del volumen de agua al 50% de su capacidad de campo para un total de 48 plantas. Además, el experimento fue realizado completamente al azar. La Figura 3 describe las diferentes variables evaluadas en la etapa I y en la etapa II.

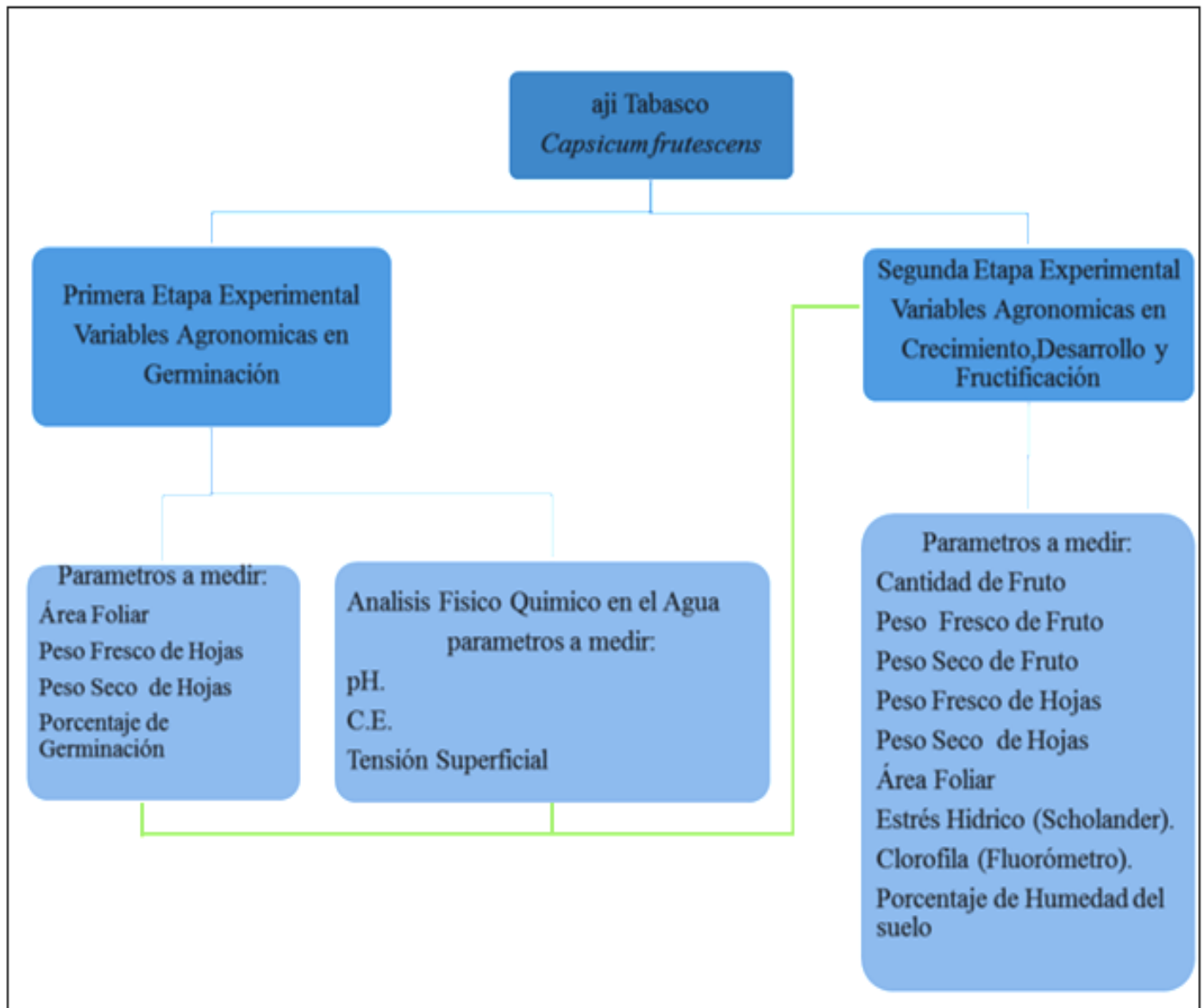


Figura 3. Bosquejo que describió la metodología empleada de las variables evaluadas en toda la investigación.

4.1 Localización

La investigación se realizó en la parcela experimental del Laboratorio de Aguas y Suelos, LASA, de la Universidad del Valle (Cali, Colombia), cuya posición geográfica está referenciada por las siguientes coordenadas: 3°22'33.55" N, 76°31'58.43" O. Presenta una altitud promedio de 995 msnm, con una temperatura promedio de 23°C, humedad relativa del 73%, precipitación promedio anual de 908 mm y 162 horas en promedio de brillo solar. La ubicación del invernadero experimental se encuentra dentro de la Universidad del Valle en este se realizó la investigación en ají Tabasco, observar Figura 4:



Figura4. Grafica que describe la ubicación satelital del invernadero donde se realizó la investigación. (Fuente: Google Earth. Fecha de consulta: 7 de abril del 2018).

4.2 Instrumento magnetizador

Es un instrumento elaborado mediante imanes de diferentes intensidades los cuales generan un campo magnético de 0 a 156mT que aumenta a lo largo y alrededor de la circunferencia del cilindro. Está elaborado de policarbonato de 12 cm de largo y de diámetro interno de 2.54 cm, el cual se visualiza en la Figura 5 (Ospina *et al.*, 2018). La ficha técnica del elemento nos indica que al pasar el agua dentro del campo magnético reorganiza las moléculas causando unos cambios fisicoquímicos los cuales fueron demostrados en esta investigación (Esmailnezhad *et al.*, 2017).

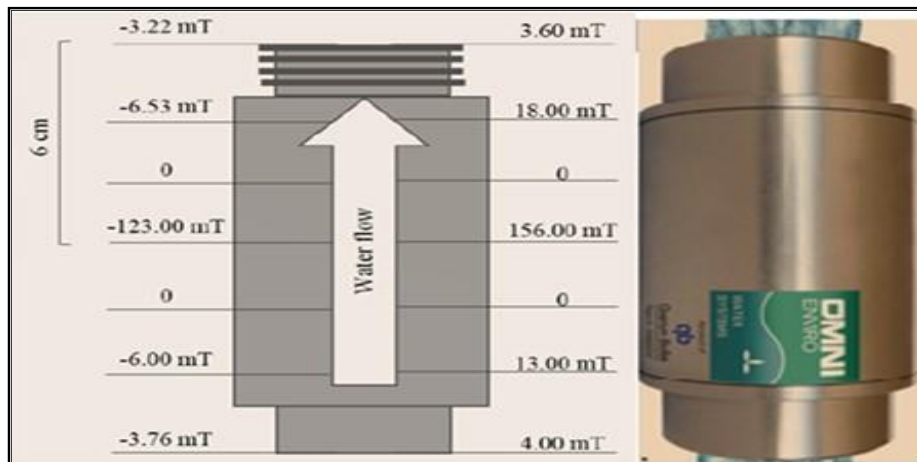


Figura 5. Estimador Magnético modelo Quantum Biotek. (Ospina et al., 2018).

4.3 Sistema de riego

El diseño de riego fue elaborado por el grupo de investigación ILAMA de la Universidad del Valle. A continuación, en la figura 6 se explicará el sistema de bombeo para agua de riego,

L: Llave de paso de agua, S: salida MTW conectada al sistema de riego, ⁸FCM: campo magnético solo se utilizó un magnetrón de 156 mT marca Quantum Biotek, de 2.54 cm de diámetro, fuente, M: bomba eléctrica centrífuga, marca Titán, modelo QB60 (Taizhou Ouke Pump, Zhejiang, China) con un caudal de 36 LPM; las flechas indican el flujo de entrada y salida de recirculación del tanque (Ospina *et al.*, 2018).

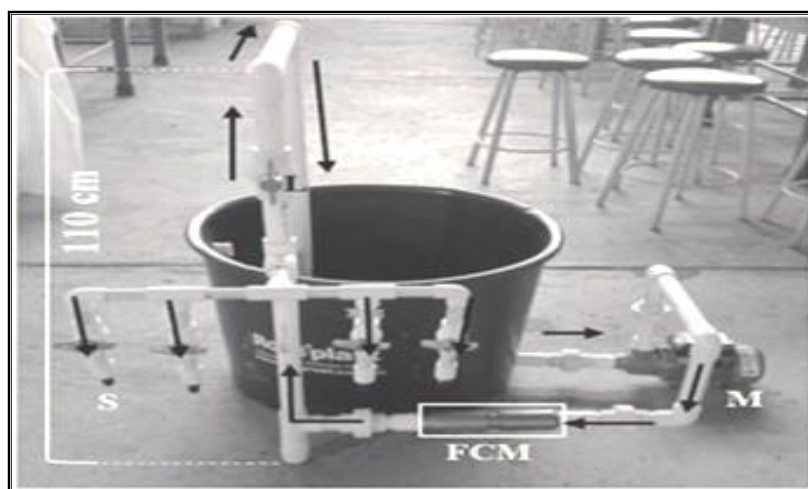


Figura 6. Sistema de bombeo empleado para recircular el agua de riego. Autor: (Ospina et al., 2018)

⁸Fuente de Campo Magnético (FCM)

4.3.1 Demanda hídrica en las etapas I y II del cultivo de ají Tabasco

Para el requerimiento hídrico del cultivo de ají Tabasco, se empleó los datos de la estación climatológica del IDEAM ubicada en la Universidad del Valle sede Meléndez, y se comparó con la estación de cenicaña en el periodo concerniente a febrero del 2017 al febrero del 2018, mediante estos datos se calculó la ETo: Evapotranspiración potencial (mm/día) correspondiente a 5,73 mm/día. A continuación, mostraremos las etapas vegetativas del cultivo de ají Tabasco con sus diferentes Kc⁹ que se utilizaron para la determinación de la necesidad hídrica del cultivo. Se empleo la metodología basada en (Méndez, 2013).

Tabla 2. Demanda hídrica del ají Tabasco. Fuente: basado (Méndez, 2013).

ETAPAS VEGETATIVAS (días)	Kc	ETc (mm/día)	ETc (mm)
Germinación (0-15)	0.75	4.20	4.20
Crecimiento y Desarrollo (16-45)	0.97	5.56	5.56
Fructificación (61-120)	1.21	6.93	6.93

Con la siguiente ecuación se determinó la evapotranspiración del cultivo (ETc) para cada periodo. Tomando los Kc correspondientes (Méndez, 2013).

$$ETc = Kc * ETo \quad (1.1)$$

4.3.2 Lamina de riego y volumen a aplicar

Los accesorios y el area utilizada para el desarrollo de la parte hídrica del cultivo se trabajó con una eficiencia de (0.8) para los aspersores y para los goteros de 0.9 .El área del cultivo para la Etapa I fue de 9.60 m² distribuido de la siguiente forma 1.60 metros de ancho por 6 metros de largo, para la II Etapa se tomó el alto de cada bolsa de 0.3 y el diámetro de 0.3 , dando como resultado 0.09 m², luego se multiplico por las 48 plantas dando como resultado 4.32 m² que hace

⁹ Coeficiente del cultivo

referencia al volumen de suelo mojado en el cultivo. Las ecuaciones expuestas a continuación se emplearon para ambas etapas. **LR**: Lámina de Riego, **ET_c**: Evapotranspiración del cultivo, **E_f**: Eficiencia del emisor.

$$LR = \frac{ET_c}{E_f} \quad (1.2)$$

Para la determinación del **VR**: (volumen de riego) y **AC**: (Área del Cultivo) tenemos la siguiente ecuación:

$$VR = LR * AC \quad (1.3)$$

4.3.3. Tiempos de riego para las Etapas I y II

El tiempo de riego se determinó teniendo en cuenta los goteros y los aspersores utilizados para cada etapa de la investigación, las variables a tener en cuenta son: **G.a.h** =Gasto de agua por hora, **N. e**= Numero de emisores, **C. e**= caudal de emisores, **TR**= Tiempo de Riego, **VR**= Volumen de Riego.

$$G.a.h = N.e * C.e \quad (1.4)$$

$$TR = \frac{VR}{Gah} \quad (1.5)$$

4.3.4 Primera etapa experimental

4.3.5 Sistema de fertirriego por aspersión

El agua utilizada en toda la investigación fue del acueducto, el sistema que se utilizó para la primera etapa fue desarrollada mediante 10 microaspersores Jet de 360° grados de diámetro de aspersión, los cuales cuentan con una presión de 10 psi, un caudal de 28.4 L/h y un diámetro de humedecimiento de 1.7m, estos se dividieron en un tubo de PVC de 1/2" de tal forma que las plántulas quedaran separadas a lo largo en 3m para cada tratamiento y de ancho 0.8m. El volumen de agua suministrada para cada uno de los tratamientos fue de igual proporción, ya que se realizó un aforo volumétrico el cual arrojó que el caudal fue de 9 Litros/minuto, esto con el fin de garantizar que hubiera una homogeneidad de humedad en el semillero como se muestra en la figura 7.

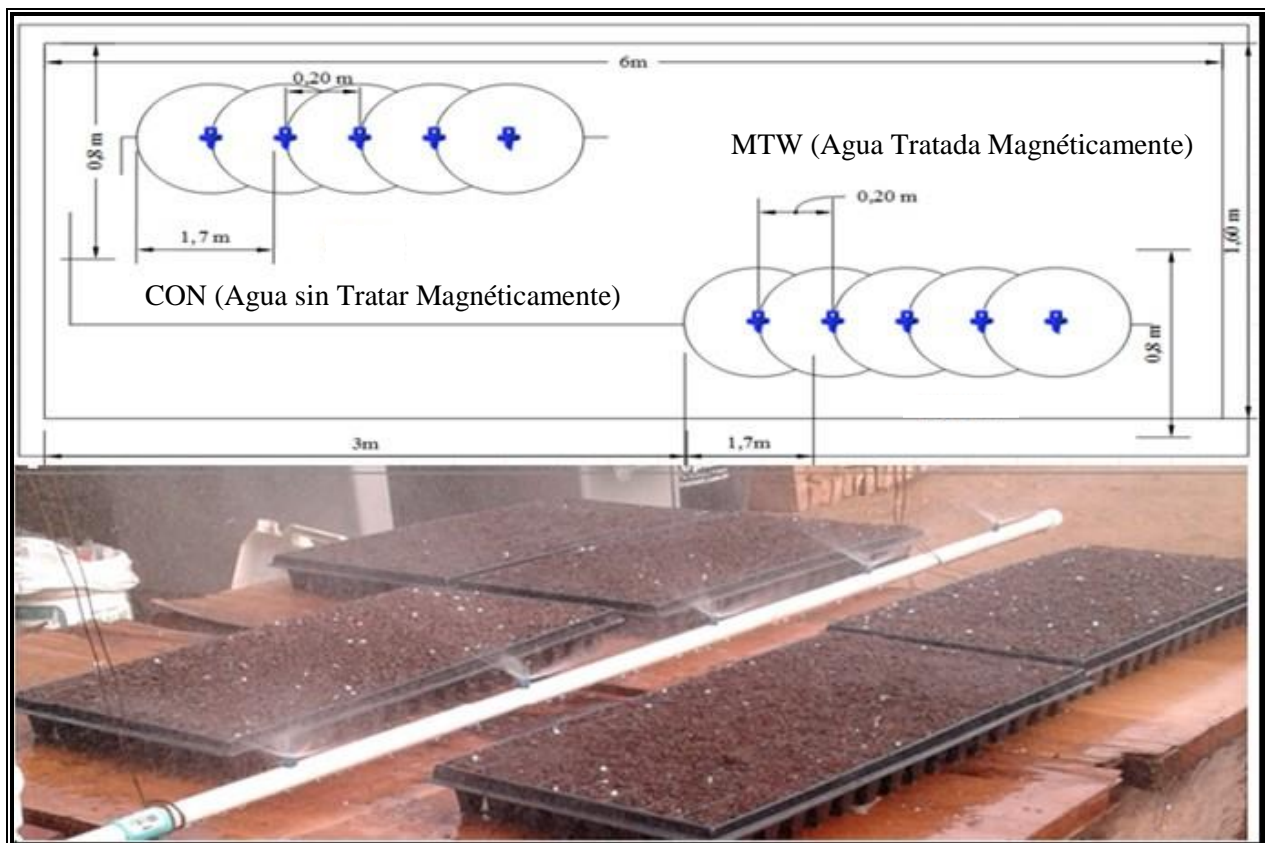


Figura 6. Sistema de riego por aspersión en germinación.

En la tabla 3, se observa el volumen de agua total en la etapa de germinación, su distribución para cada uno de los tratamientos y su tiempo requerido con el fin de garantizar una dosificación

específica para el periodo de germinación. Además, se observa que los litros suministrados son iguales para cada tratamiento la diferencia es en la estimulación magnética del agua.

Tabla 3.Requerimiento hídrico en la etapa de germinación.

Etapas de Germinación en (días)	Lámina de riego (mm)	Volumen Total en (Litros)	TR Total (minutos)	MTW (Litros)	CON (Litros)	Mitad del TR (minutos)
Germinación Inicio 0-15	5.25	63	13' 5''	31.5	31.5	6' 75''

La programación de fertilización mediante fertirriego fue realizada con la asesoría del co-director y de acuerdo al requerimiento nutricional en la etapa de semillero, adicionalmente se estableció un seguimiento mediante observación foliar y fructífera para determinar las deficiencias que hubo en el transcurso del cultivo, pero este tan solo se utilizó en toda la investigación solo 4 veces.

En la siguiente tabla esta descripta la solución madre en moles, cada mol del compuesto es diluido en un litro de solución de cada elemento que se empleó para realizar las sustancias nutritivas, que se utilizaron para el fertirriego en ambas etapas de la investigación.

Tabla 4.Solución madre para preparar un litro de solución nutritiva Hoagland al 50%, M=Molaridad (gramos de sal por litro de solución (Martínez, 2015).

Reactivos a utilizar	Pureza de la sal (%)	Cantidad de Moles de la solución Madre
1,0 M Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	99	1
1,0 M KNO ₃	99	1
1,0 M MgSO ₄	99	1
1,0 M KH ₂ PO ₄	99	1
1,0 M NH ₄ NO ₃	99	1
1,0 M KCl	99	1
1,0 M CaCl ₂	92	1
1,0 M H ₃ PO ₄	85-90	0.1
1,0 M MgCl ₂ ·6H ₂ O	99	1
1,0 M (NH ₄) ₂ SO ₄	90	1

La solución madre fue e laborada a partir de sales de grado reactivo. El ajuste del rango del pH de la solución nutritiva fue de 5.5 a 6.5 esta fue ajustada mediante Ácido Clorhídrico (HCl) o con Hidróxido de Sodio (NaOH), adicionalmente se evaluó y se controló la conductividad eléctrica adicionando agua destilada, o solución nutritiva, según fuera el caso

A continuación, mostraremos los pH y C.E tomados en la sustancia nutritiva para toda la investigación estas se corrigieron mediante herramientas mencionadas anteriormente.

Tabla 5 C.E y pH de la sustancia nutritiva para germinación.

C.E($\mu\text{s}/\text{cm}$)				PH			
MTW- I	MTW- F	CON-I	CON-F	MTW- I	MTW- F	CON-I	CON-F
150,55	157,68	155,18	149,88	6,87	7,01	6,90	6,92
149,35	150,30	151,48	152,45	6,99	6,98	6,89	6,95
157,88	151,30	151,23	154,63	6,96	7,01	6,92	6,94
153,83	154,60	156,03	152,15	6,95	6,93	6,85	6,94
153,00	155,58	158,95	150,00	7,01	6,98	6,93	6,93

La solución nutritiva que se empleó en la germinación se visualiza en la tabla 6, en la cual los valores de la solución madre se obtuvieron de tomar las moles del compuesto entre un litro de la solución nutritiva. Esta se generó para 1litro de agua como volumen inicial y como final 63 litros que es el volumen total, la concentración inicial es la que aparece en la solución madre. para obtener la sustancia nutritiva que se le suministro a las plántulas.

Tabla 6. Solución nutritiva al 50% basada en la fórmula de Hoagland para la Etapa de Germinación.

Elementos Nutricionales	Solución Madre (g/L)	Sustancia Nutritiva Germinación (g/L)	Sustancia Nutritiva Germinación (ppm)
2M KNO_3	202	3.206	3206
2M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	472	7.492	7492
Iron (Fe-EDDHA)	15	0.238	0238
2M $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	493	7.825	7825
1M NH_4NO_3	80	1.270	1270
1M KH_2PO_4 (pH to 6.0 con 3M KOH)	136	2.159	2159
Elementos menores			
H_3BO_3	2,86	0.045	45
$\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	1,81	0.029	29
$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	0,22	0.003	3
CuSO_4	0,051	0.001	1
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	0,12	0.002	2

4.3.5.1 Germinación

Durante la primera fase del experimento, se preparó un semillero de plántulas de ají Tabasco, en donde se sembraron 1280 semillas, que se dividieron en dos partes iguales: 640 semillas distribuidas en cinco bandejas, cada una compuesta con 128 alveolos, las 640 semillas restantes se sembraron y distribuyeron uniformemente en cada alveolo como la anterior.

Una vez realizado lo anterior, se esterilizaron las bandejas lavándolas con hipoclorito de sodio en una concentración de 5.2%, luego se continuó esterilizando la turba¹⁰ en un horno a una temperatura de 100 grados centígrados durante 24 horas para tener un control fitosanitario riguroso, posteriormente se efectuó la siembra de cada una de las semillas en cada bandeja. Con el fin de evitar cualquier enfermedad ya que el monitoreo de las plántulas de ají Tabasco es el éxito en la emergencia de las mismas.



Figura 7. Germinación de plántulas de ají Tabasco.

La distribución de las plántulas se observa en la figura 8, donde el fertirriego se realizó en el mismo sistema, este estuvo separado hidráulicamente permitiendo su fácil utilización, lo visto anteriormente se efectuó empleando cinco bandejas las cuales fueron regadas con MTW (Agua Tratada Magnéticamente) utilizando un magnetrón para este propósito, para obtener resultados con que analizar el estudio se realizó la toma de cinco bandejas que fueron las de CON o control. Ambos operan recirculando el agua durante 5 min para luego verterla a las plántulas.

¹⁰ Material que sirve como soporte para sembrar las plantas especialmente en la etapa de germinación

Tabla 7.Distribución de los tratamientos en la Etapa de Germinación.

TRATAMIENTO	PLANTAS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CAMPO MAGNÉTICO (5min)
MTW	640/1280	5
CON	640/1280	5

En la siguiente tabla 7 muestra el periodo de tiempo empleado para cada uno de los tratamientos, estos fueron evaluados en biomasa como en parámetros fisicoquímicos del agua de riego. Durante esta primera etapa se evaluó: su comportamiento fisiológico mediante la biomasa de las plántulas ,a continuación se describirá en la siguiente tabla la programación de las diferentes variables que fueron analizadas durante la etapa de germinación.

Tabla 8. Descripción y procedimiento de las variables que fueron analizadas en la etapa de germinación.

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDAD	INSTRUMENTO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
Área Foliar (AF)	cm ²	Programa (Easy Leaf Área Free)	Diario	Se tomaron de cada una de las bandejas 5 plántulas al azar, posteriormente se le sustrajeron las hojas a cada una de ellas por separado. (Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Peso Fresco Hojas	Gramo	Balanza digital marca jennings TB-600	Diario	Se tomaron cada una de las hojas y se pesaron. Mediante metodología:(Martínez, 2015).
Peso Seco de Hojas	Gramo	Balanza digital marca jennings TB-600	Diario	Las hojas frescas se pusieron a secar a temperatura de 60°C durante 24 horas. Mediante metodología: (Méndez, 2013)
Porcentaje de Germinación	Cantidad	Conteo manual	Diario	Este procedimiento se realizó mediante el conteo de plántulas emergidas. (Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Potencial de Hidrogeniones(pH)	Acidez/ Alcalinidad	Potenciómetro marca(Lab Scient) Ref: 30106.04	Diario	Esta medida se realizó en el agua del sistema de riego al final de cada jornada. Mediante la guía ASTM D Método 1067-92. (Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Conductividad Eléctrica (C.E)	dS/m	Conductivímetro marcaScinovo Ref: MP515.	Diario	Esta medida se le realizo al agua de riego al final de cada jornada. ASTM D Método 1067-92 (Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Tensión Superficial	(N/m),(J/m ²)	Tensiómetro de Dunouy	Diario	Este parámetro se midió en campo, en el agua de riego al final de cada jornada. ASTM D Método 1067-92 (Ospina <i>et al.</i> , 2018).

4.4 Segunda etapa experimental

En la investigación se realizó un análisis de suelo donde se describe los parámetros que se analizaron, basado en estos resultados se implementó un programa de fertirrigación para esta etapa del cultivo. Además, este se empleó para el trasplante de las plantas.

Tabla 9. Análisis físico químico del suelo .Fuente: Agrilab (servicios ambientales y Agrícolas) Análisis de Fertilidad 24/05/2017

Parámetro	Valor	Textura
pH	7.33	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO % Arena %Limo %Arcilla 50 18 32
C.E(ds/m)	0.24	
%Saturación Media	57.50	
% Carbono Orgánico	1.17	
%Materia Orgánica	2.02	
Parámetro	meq/100g	mg/Kg(ppm)
Potasio intercambiable	0.5	195
Calcio intercambiable	20.5	4100
Magnesio intercambiable	15.5	1860
Sodio intercambiable	0.37	85.1
Acidez intercambiable	N.A	N.A
Hierro		32.0
Manganeso		113
Cobre		8.2
Zinc		3.1
Boro		0.06
Fósforo		36
Azufre		11
Amonios		27
Nitratos		8.7

De acuerdo a las etapas fenológicas que se observa en la tabla 10, el volumen de agua suministrado a las plantas fue creciendo progresivamente, además esta etapa se trabajó regando dos días de por medio para causar un estrés hídrico en ellas.

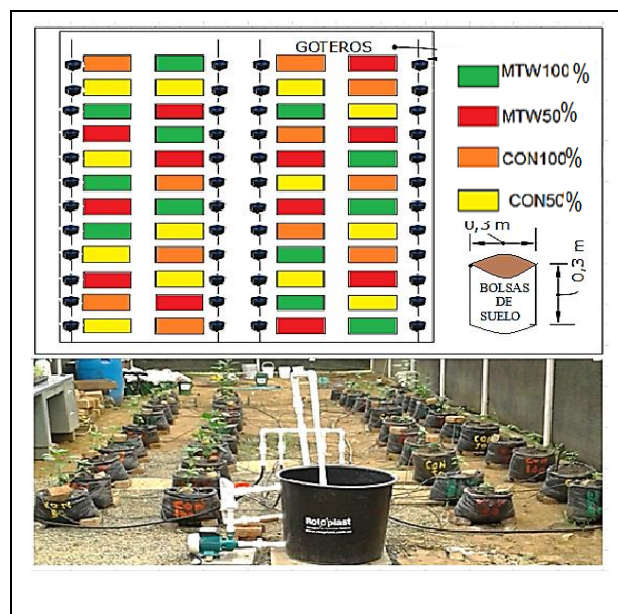
Tabla 10. Plantas de ají Tabasco mediante estrés hídrico en la segunda Etapa.

Etapas de plantas en (días)	Lamina Total (mm/día)	Volumen Total (Litros)	TR Total (minutos)	MTW 100% (Litros)	MTW 50% (Litros)	CON 100% (Litros)	CON 50% (Litros)
Crecimiento y Desarrollo 16- 45	6.17	27	8´	27	13.5	27	13.5
Floración y Fructificación 61-120	7.7	32	10´	32	16	32	16

4.4.1 Sistema de fertirriego por goteo

El sistema de riego que se trabajó fue conformado por cuatro líneas de riego, y se acopló a un sistema central (figura 14), donde cada tubo tiene 12 goteros auto compensados Pc-Drop-Stop (PCDS¹¹) con un caudal de fábrica de 4 (L/h) para un total de 48 goteros instalados a una distancia de 30 cm entre goteros y acoplados en una manguera de 16 mm, la distribución del caudal del gotero a la planta fue mediante mangueras de 5mm , los cuales suministrarán a la planta una dosificación precisa de agua en un área de bulbo mojado de 4.32 m² esto se tomaron con las bolsas que aparecen en pantalla con unas especificaciones de 0.3m de diámetro x 0.3m de altura ,adicionalmente se multiplico el valor dado entre las 48 plantas .Además, cada tratamiento estuvo distribuido aleatoriamente, donde las plantas se evaluaron hasta su desarrollo y producción. La sustancia nutritiva que se les suministró fue la fórmula de Hoagland y Arnon esta fue modificada de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de suelo y el requerimiento nutricional de las plantas. En la siguiente figura se visualiza la distribución del sistema de riego descrito anteriormente.

Figura 8. Plantas de ají Tabasco evaluadas mediante estrés hídrico, con un sistema de riego por goteo.



¹¹ Pc-Drop-Stop goteros auto compensados

El sistema fue operado recirculando el agua depositada en el tanque durante 5 minutos en ambos tratamientos. Solo difieren en que el agua con tratamiento tiene contacto con el instrumento magnético durante este periodo de tiempo, así como con los nutrientes suministrados durante estas etapas vegetativas. En la siguiente tabla 11 se muestra la dosificación nutricional de las plantas en la Etapa de crecimiento desarrollo y fructificación en la cual solo se le suministro dos veces al inicio del transplante y otra en la etapa de floración y fructificación. Para diluir la mezcla de la sustancia nutritiva en crecimiento y desarrollo se utilizaron 27 litros de agua del acueducto. Para floración y fructificación se utilizaron 32 litros tomados de la misma fuente, estos se utilizaron como volúmenes finales, el procedimiento de determinación de la dosificación, fue igual que en la etapa de germinación solo varia en los litros de agua de cada etapa.

Tabla 11. Solución nutritiva para fertirriego al 50% de concentración basada en la fórmula de Hoagland para la Segunda Etapa. M=Molaridad (gramos de sal por litro de solución (Martínez, 2015).

Elementos Nutricionales	Concentración de Solución Madre (g/L)	Sustancia Nutritiva(g/L) Crecimiento y desarrollo	Sustancia Nutritiva(ppm) Crecimiento y desarrollo	Sustancia Nutritiva (g/L) floración y fructificación	Sustancia Nutritiva (ppm) floración y fructificación
Ca (NO ₃) ₂	202	7,481	7481	6,313	6313
KNO ₃	472	17,481	17481	14,750	14750
MgSO ₄ ·	493	0,556	0556	0,469	469
KH ₂ PO ₄	136	18,259	18259	15,406	15406
NH ₄ NO ₃	80	2,963	2963	2,500	2500
Elementos Menores					
H ₃ Bo ₃	2,86	0,106	106	0,089	89
MnCl ₂	1,81	0,067	67	0,057	57
ZnSo ₄	0,22	0,008	8	0,007	7
CuSo ₄	0,051	0,002	2	0,002	2
Na ₂ MoO ₄	0,12	0,004	4	0,004	4

Para la mezcla de estos nutrientes la ecuación empleada para determinar la dosificación nutricional fue : donde C_i es la concentración inicial es la suministrada por la solución madre, V_i es el volumen inicial fue de 1 Litro, C_f concentración final la que se determinó y V_f : Volumen final que es el encontrado en sus cálculos de requerimiento hídrico del cultivo para cada etapa.

$$C_i * V_i = C_f * V_f \quad 1.6$$

Adicionalmente se tuvo en cuenta las variables de pH y conductividad eléctrica en el agua de riego, solo por motivos nutricionales ya que dentro de los objetivos de la investigación en esta etapa no se analizó como variable respuesta. Los pH se encontraron en un rango de 5.2 a 7.01 estos estabilizaron en un rango óptimo entre 6.82 a 7.02 mediante Ácido Clorhídrico (HCl) o con Hidróxido de Sodio (NaOH), adicionalmente se evaluó la conductividad eléctrica que manejó un rango de 140.70 μ S/cm a 160.56 μ S/cm. El valor de la C.E para el ají Tabasco debe de ser menor a **2000 μ S/cm** esto con el fin de que no hubiera una afectación en la obtención de nutrientes como en su mal proceso fotosintético (Lorenz & Maynard, 1980). La programación de fertilización en esta etapa se realizó en dos fases una al inicio del transplante y la otra fue a los 2 meses, además se tuvo en cuenta su adecuada combinación ya que de no serlo pueden formar sólidos insolubles. Algunos como los sulfatos o fosfatos no pueden mezclarse con los que contengan calcio además las fuentes de cloro son agentes oxidantes ocasionando una precipitación al magnesio, carbonato de calcio y el óxido de hierro. Adicionalmente el rango óptimo de pH para que haya una buena asimilación de nutrientes en las plantas de ají Tabasco estaría entre un rango de 6,92 a 7,01.

4.4.2 Desarrollo crecimiento y fructificación

En esta etapa se utilizó un suelo proveniente de un predio, ubicado en el corregimiento de Guacas del municipio de Guacari Valle del Cauca. El suelo fue tamizado a 2mm para luego depositarlo en bolsas de 10 kg de capacidad, el montaje de la unidad experimental se realizó tomando 24 plántulas aleatoriamente de las bandejas con tratamiento y de igual manera 24 plántulas sin tratamiento para un total de 48 plántulas de la fase de semillero para trasplantar. Dichas plántulas se trasplantaron en bolsas referenciadas en 4 colores, estas se marcaron al 100% y el 50% de su capacidad de campo del volumen de agua requerido por la planta, parámetro que representa el coeficiente a evaluar en los tratamientos con MTW y control (CON), dando como resultado los siguientes cuatro tratamientos:

Tabla 12. Descripción de los tratamientos evaluados con estrés hídrico Segunda Etapa

TRATAMIENTO	PLANTAS	TIEMPO DE ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA EN (minutos)	COLOR
MTW100% de volumen de agua	12	5	Verde
MTW50% de volumen de agua	12	5	Rojo
CON100% de volumen de agua	12	5	Naranja
CON50% de volumen de agua	12	5	Amarillo

Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en una distancia entre plantas de 0.5 m, el área ocupada por el cultivo fue de 5.20 m de ancho y 7m de largo tal como se mostró en la figura 9. Además, durante este proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas de ají Tabasco, se evaluó periódicamente la humedad del suelo y la biomasa de estas. A continuación se muestran las variables evaluadas y su frecuencia de medición y la metodología empleada.

Tabla 13. Descripción y Procedimiento de las Variables que fueron evaluadas en la etapa de desarrollo y fructificación.

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
Área Foliar (AF)	cm ²	Programa (EasyLeaf Área Free)	Semanal	se le retiraron las hojas a cada planta y se le determinó el área total de cada hoja. Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Peso Fresco Hojas (PFH)	gramos	Balanza digital	Semanal	Se tomó de cada planta tres hojas, este procedimiento se realizó cada semana (Martínez, 2015).
Peso Seco Hojas (PSH)	gramos	Balanza digital	Semanal	Este se determinó tomando las hojas frescas del muestreo anterior se secaron a 60°C, durante 24 horas, este procedimiento se efectuó cada semana. (Méndez, 2013)
Conteo de frutos (CF)	cantidad	Conteo manual	Semanal	El conteo de los frutos se realizó cada 7 días y se recogieron unas 7 cosechas Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Peso Fresco frutos (PFF)	gramos	Balanza digital	Semanal	Se tomó los frutos frescos se pesaron, para posteriormente ponerlos a secar por 24h a una temperatura de 70° C (Martínez, 2015).
Peso Seco frutos (PSF)	gramos	Balanza digital	Semanal	Se tomaron los frutos del horno y se (Ospina <i>et al.</i> , 2018).
Fluorescencia de la clorofila	Longitud de onda (nm)	Fluorómetro Opti Science OS30p+	Dos días de por medio	Se midió utilizando unos ganchos que se adhieren en las hojas transmitiendo unos datos los cuales quedaron guardados en la memoria del aparato. (Ospina <i>et al.</i> , 2018)
Potencial hídrico (foliar)	Presión(MPa,psi,Pa)	Cámara de presión Scholander (PMS Instrument, USA, modelo 1005)	Dos días de por medio	se toma cada hoja se introdujo en la cámara de presión, y mediante unos procedimientos se visualiza el agua contenida en ella. (Ospina <i>et al.</i> , 2018)
Porcentaje de humedad	% v/v	Sensor digital TDR100	Diario	Se evaluó durante toda la investigación, cada 3 días en la semana, tomando 3 datos por planta (Ospina <i>et al.</i> , 2018).

4.5. Modelo Descriptivo para germinación

El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico R®. Se evaluó mediante una regresión lineal utilizando las variables de biomasa para analizar un incremento en la emergencia como en su proceso agronómico en las plántulas.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{dónde } i = \{1,2\} \text{ y } j = \{1,2,3, \dots, 12\}$$

(i = tratamientos), (j=réplicas o repeticiones)

PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 \quad \text{dónde } = \{1=\text{CON}, 2=\text{MTW}\}$$

4.6. Modelos estadísticos en crecimiento, desarrollo y fructificación.

El análisis de variabilidad de los datos se realizó mediante la ANOVA con el programa estadístico R®. El test de Tukey se realizó con un nivel de significancia del 0.05% y los supuestos de varianza homogénea e independencia fueron evaluados con un nivel de confianza del 95%. Los modelos estadísticos implementados en la segunda fase fueron al azar y se desarrollaron bajo los siguientes parámetros:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{dónde } i = \{1,2,3,4\} \text{ y } j = \{1,2,3, \dots, 12\}$$

(i = tratamientos), (j=replicas o repeticiones)

PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 \quad \text{dónde } = \{1=\text{CON50}, 2=\text{CON100}, 3=\text{MTW50}, 4=\text{MTW100}\}$$

Con base en lo anterior, se evaluó la variabilidad de los datos mediante el uso de un ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos o no. en el caso de que esas diferencias no sean significativas no se rechaza la hipótesis nula; en caso

contrario se rechaza y se revisa si la hipótesis alternativa se puede aplicar en la observación de contrastes de medias.

PRUEBA DE HIPÓTESIS ALTERNATIVA

$$H_1 \neq \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \quad \text{dónde} = \{1=\text{CON50}, 2=\text{CON100}, 3=\text{MTW50}, 4=\text{MTW100}\}$$

Por medio de la anterior hipótesis se demuestra mediante el test de Tukey (contraste de medias), la diferencia que se encuentra entre los tratamientos y sus diferentes combinaciones, así como su proporción entre ellas, analizadas en la segunda etapa. Adicionalmente los datos se evaluarán mediante un lumbral generado por el procedimiento anterior.

5. Resultados y analisis

5.1. Resultados Etapa I

Los resultados obtenidos en la etapa de germinación indicaron que las plántulas de ají Tabasco no obtuvieron resultados estadísticamente significativos en ninguna de las variables evaluadas. El análisis estadístico que se empleó en el porcentaje de germinación fue mediante una regresión lineal como en la biomasa.

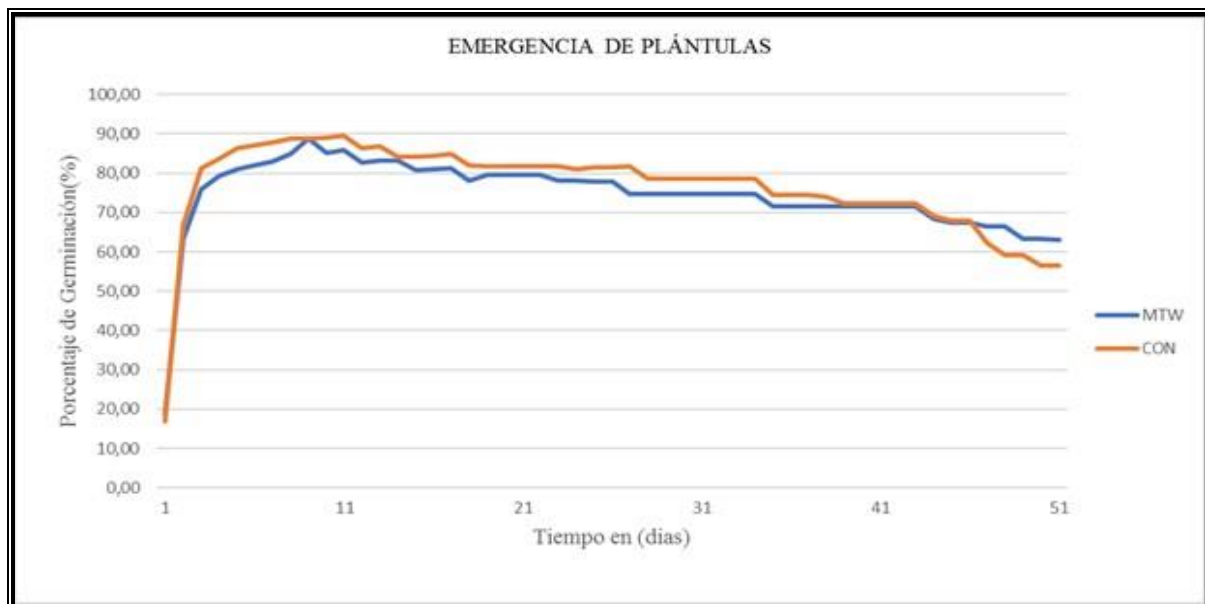


Figura 9.Emergencia de plántulas de ají Tabasco en los tratamientos.

El análisis en la emergencia de ají Tabasco mediante el porcentaje de cantidad de plántulas emergidas respecto a los días observado en la figura 10. Esta no mostró ningún incremento para el tratamiento MTW observando la gráfica vemos que el tratamiento de control fue de mayor emergencia. Solo en el día 48 es que se visualiza un incremento en el tratamiento de MTW superior al de CON. toda esta afectación fue generada por la enfermedad dampig - off ocasionada por el exceso de humedad en el semillero. Además, comparando con los datos obtenidos en la investigación que se realizó en Ospina *et al.*, (2018), estos no fueron positivos.

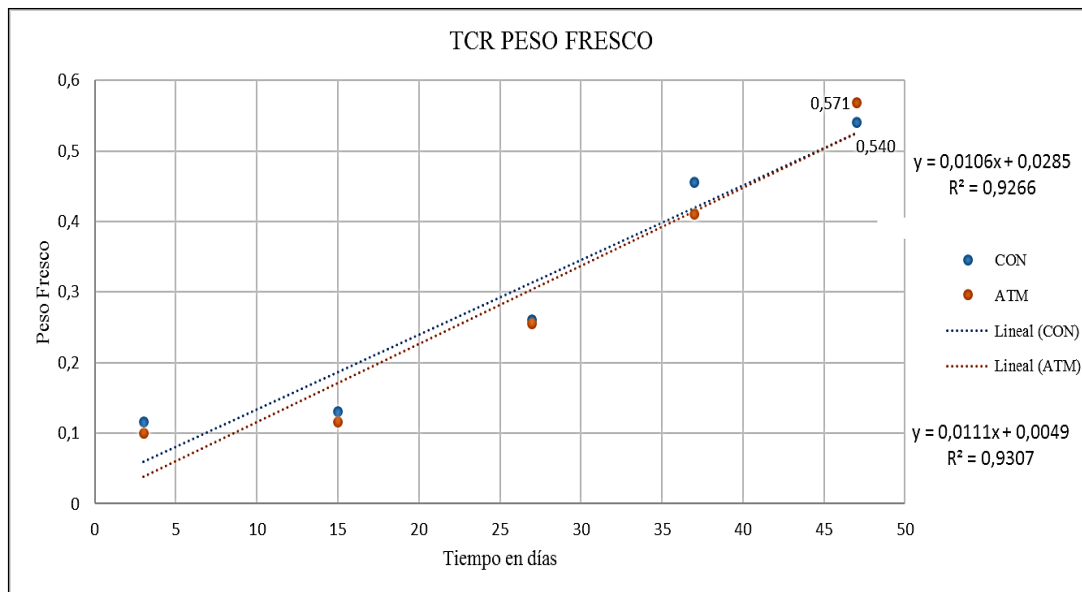


Figura 10. Biomasa de plántulas de ají Tabasco mediante el Peso fresco de hojas.

En el análisis de la TCR (Tasa de Crecimiento Relativo) que es denominada el índice de eficiencia, se mostró una dispersión de los datos en la biomasa de peso fresco de hojas que se obtuvo en los dos tratamientos evaluados, en esta se observa que esta va creciendo a través del tiempo para cada tratamiento sin encontrar que el MTW fuese eficiente en esta variable. Además se observan datos atípicos en la línea de MTW como en el de control de este fenómeno debido a la enfermedad, que ocasionó un traumatismo fisiológico causándoles la muerte. Esto se observó en la obtención de la biomasa en las plántulas. Adicionalmente al comienzo del estudio se evidencia una diferencia, pero al transcurrir el tiempo vemos que la generación de biomasa fue igual Ospina *et al.*, (2018).



Figura 11. Biomasa de plántulas en el Peso seco de hojas en germinación.

En la figura 12, se obtuvo mediante la biomasa evaluada en el peso seco de hojas un incremento en el tratamiento de MTW a partir del día 3, de 0,04178 gramos y el mayor peso seco en el día 47 con 0,164 gramos respecto al tratamiento control. Analizando este incremento de biomasa a través del tiempo, podemos inferir que el MTW afectó positivamente las plántulas, acumulando agua en sus tejidos vasculares en todo el cuerpo de la hoja. Observamos que los datos de ambos tratamientos no fueron tan dispersos, muestra de ella es que al final las condiciones de los tratamientos fueron distintas. Ospina *et al.*, (2018).

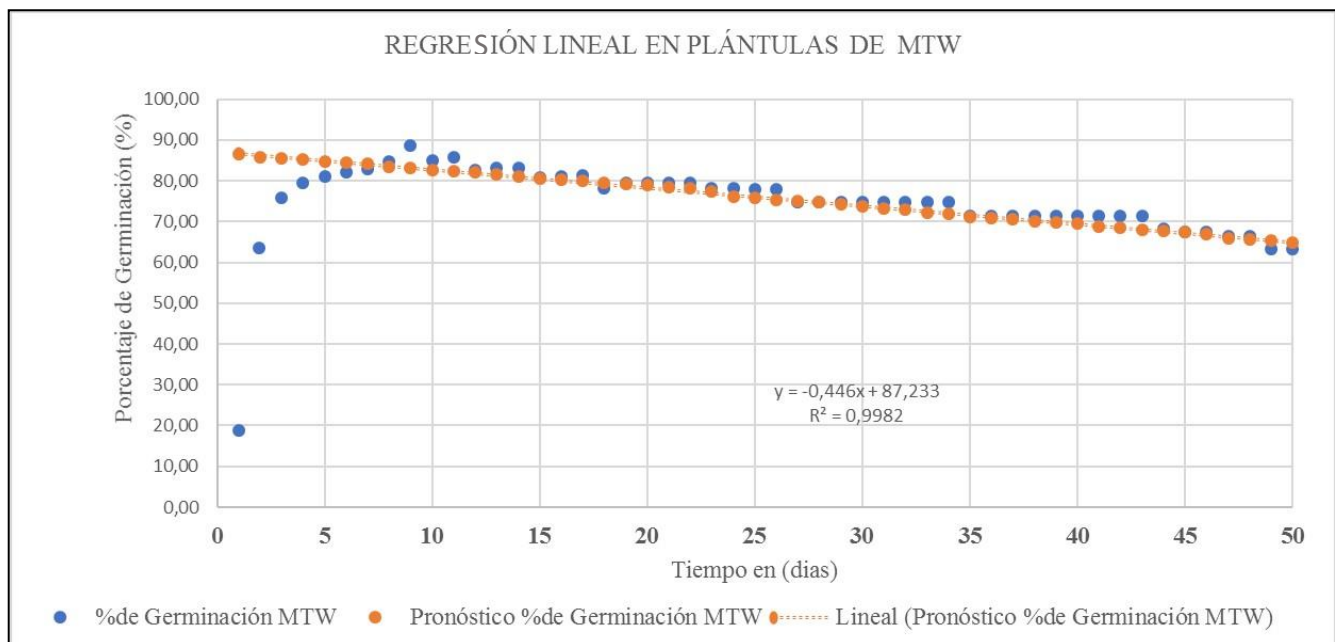


Figura12. Regresión lineal en plántulas de Agua tratada Magnéticamente (MTW).

Los resultados obtenidos mediante la regresión lineal respecto al porcentaje de germinación en el tratamiento de MTW en plantulas emergidas respecto al tiempo,mostró que la linea de tendencia fue uniforme respecto al tiempo. Ademas los datos se ajustan teniendo en cuenta su R^2 ,con lo anterior podemos decir que la corelación de las plantulas respecto los dias de crecimiento con el MTW fue eficiente en su uniformidad pero no en emergencia. Ospina *et al.*, (2018).

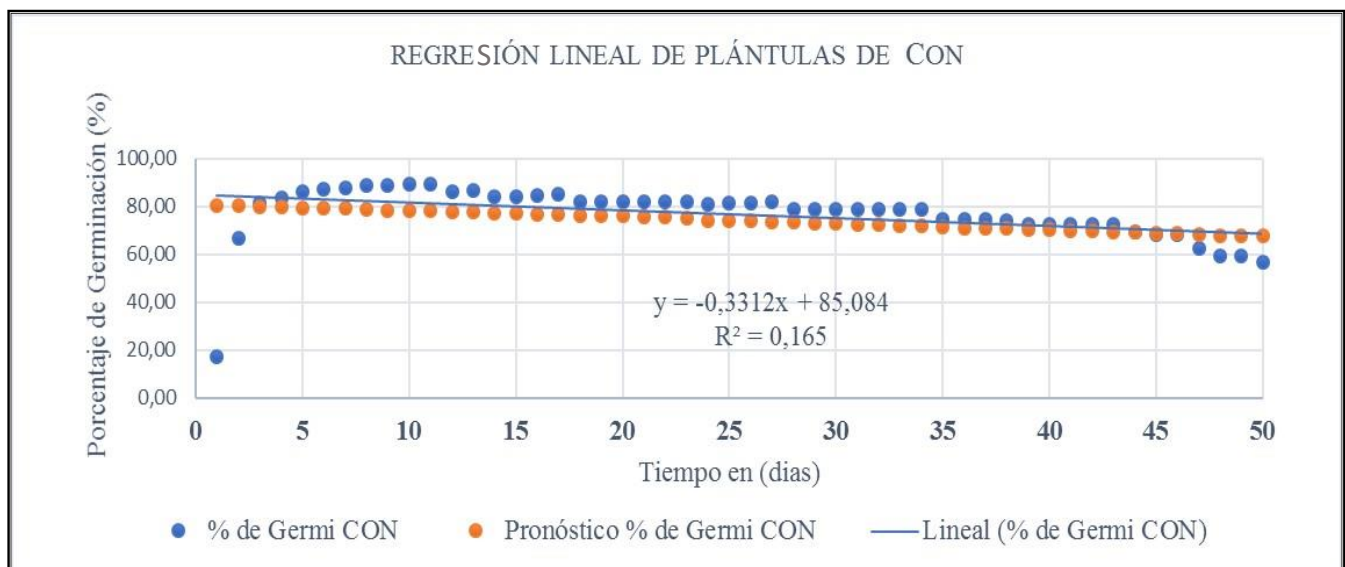


Figura 13.Regresión lineal en plántulas con agua sin tratar Control (CON).

En la regresión lineal respecto al porcentaje de germinación en el tratamiento control (CON) en plantulas emergidas respecto al tiempo, muestra que el tratamiento esta disperso respecto a la linea de tendencia. Esta situación fue ocasionada por el mal manejo de la humedad en esta etapa, ya que esto con llevó a la aglomeración de hongos en la raiz de las plantulas causandoles la muerte. Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 14. Variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en el pH del agua de riego al inicio y al final de cada tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN EL pH DEL AGUA DE RIEGO							
MTW-I		MTW-F		CON-I		CON-F	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
6,96	6,956	6,98	6,982	6,9	6,898	6,94	6,936

En la tabla 14 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva la cual esta representada en la figura 15 que es el diagrama de caja o de alambre, mostrando que no se encuentra diferencias entre medias. A continuación un análisis del resultado obtenido.

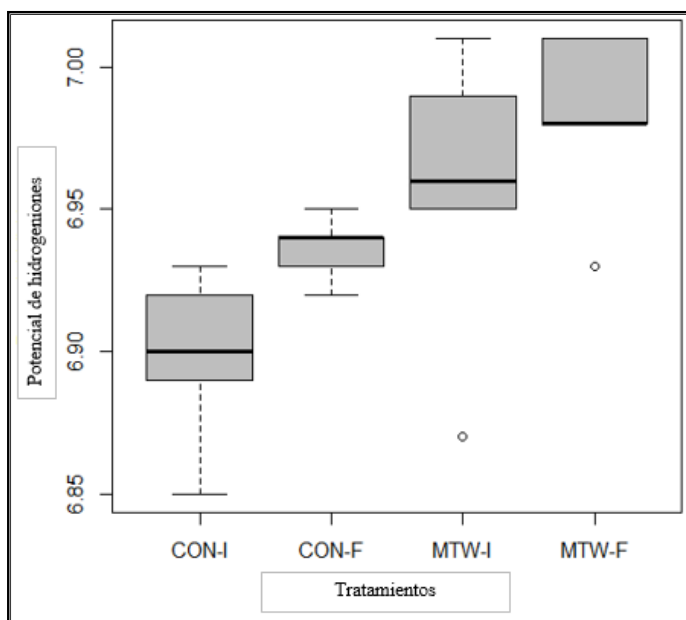


Figura 14. Diagrama de caja o de alambre del pH del agua de riego en germinación al inicio y al final de cada tratamiento

En la evaluación de los parametros fisicoquimicos de la figura 15 tenemos el pH (potencial de hidrogenión) que se evaluo en los tratamientos, sin encontrar diferencias entre los dos tratamientos, la fuente de donde se obtuvo el agua fue del acueducto, ademas la toma de datos se realizó sin el suministro de fertilizantes, indicando que el MTW no redujo el pH o lo incremento,

como lo dicho en la investigacion (Esmaeilnezhad,2017). Se observa una dispersion de los datos. Ademas sus medianas son muy similares entre cada tratamiento. Dicho lo anterior si endo el pH uno de los parametros fundamentales para el cultivo ya que muestra la asimilacion de los nutrientes en las plantulas.

Tabla 15. Variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en Conductividad Eléctrica (C.E) en unidades de (dS/m) del agua de riego al inicio y al final de cada tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN LA C.E DEL AGUA DE RIEGO							
MTW-I		MTW-F		CON-I		CON-F	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
153	152,9	154,6	153,9	155,2	154,6	152,2	151,8

En la tabla 15 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva en la conductividad eléctrica C.E la cual esta representada en la figura 16 que es el diagrama de caja o de alambre, mostrando que no se encontrarón diferencias entre medias. A continuación un analisis del resultado obtenido.

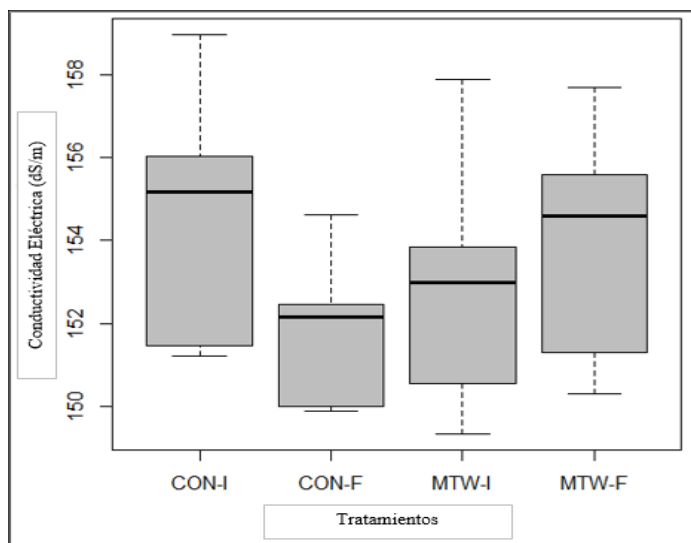


Figura 15. Diagrama de caja o de alambre (C.E) Conductividad Eléctrica en el agua de riego en germinación al inicio y al final de cada tratamiento esto se realizó diariamente, medido en unidades de (dS/m)

El agua fue evaluada al inicio y al final de cada riego esto se realizó diariamente, las tomas de datos fueron sin fertilizantes, para analizar resultados de una alteración de los datos, observando estadísticamente los datos en la figura 16. las medias en cada uno de los tratamientos fueron muy dispersas. Al evaluar sus medias mediante la ANOVA no se obtuvo el (P) requerido para poder plasmar el test de Tukey que me indicaría las diferencias significativas en el agua.

Además, se observan algunas diferencias e incrementos entre los tratamientos, pero estos no generaron algún cambio entre el MTW respecto al control CON. Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 16.Diagrama de caja o de alambre en la Tensión superficial del agua de riego en germinación al inicio y al final de cada jornada de esto se realizó para ambos tratamientos, las unidades de medida fueron los (N/m)

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL AGUA DE RIEGO			
MTW		CON	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
31,2	26,11	32,8	26,34

En la tabla 16 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva en la Tensión superficial, representada en la figura 17 que es el diagrama de caja o de alambre, mostrando que no se encontraron diferencias entre medias y medianas que son algunas de las variables de tendencia central que me indicaran que incremento se obtuvo en alguno de los dos tratamientos. A continuación se hará un análisis de los resultados expuestos anteriormente

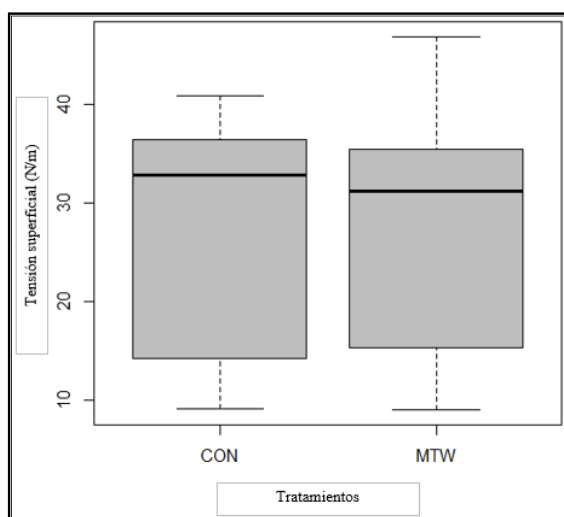


Figura16.Diagrama de caja o de alambre de la Tensión superficial en el agua de riego en germinación al inicio y al final de cada jornada para cada tratamiento. Este se midió en (N/m).

En la tensión superficial, el agua evaluada fue sin fertilizantes para que no hubiera alguna alteración de los datos obtenidos, en esta no se obtuvo ninguna diferencia, en el agua de riego en reposo ni recirculada. Lo anterior pudo deberse a que el instrumento utilizado no fue tan sensible al muestreo. Además, estadísticamente esta variable no paso el valor ($P < 0,8898$) elaborada mediante la ANOVA. Observando los datos en los tratamientos fueron dispersos lo muestra el rango intercuartílico del MTW que fue de 20 N/m, mientras que el control (CON) fue de 22,1

N/m. Mientras que, en la investigación Ospina *et al.*, (2018) obtuvo que esta variable se afectó, mostrando resultados positivos.

5.2.1 Resultados y análisis etapa II

En el crecimiento, desarrollo y fructificación de las plantas de ají Tabasco mediante estrés hídrico, estas mostraron resultados estadísticamente significativos, de nueve variables analizadas seis arrojaron resultados positivos. Se empleó modelos estadísticos para obtener mayor precisión en los datos obtenidos.

Tabla 17. Variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en la cantidad de frutos respecto a cada tratamiento. La unidad de medida de esta variable fue (Cantidad de frutos en toda la investigación)

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN CANTIDAD DE FRUTOS EN (Numero de frutos)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
327,5	315,3	349,5	365,8	299,5	298	248	277,6

En la tabla 17 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva en la cantidad de frutos, representada en la figura 18 que es el diagrama de caja o de alambre, mostrando las diferencias entre medias y medianas.

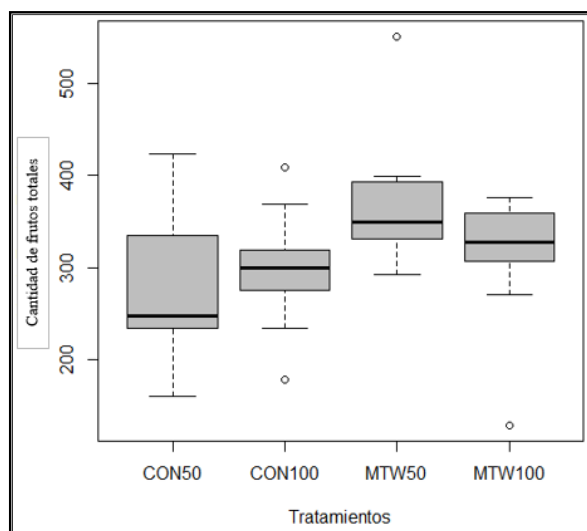


Figura 17. Diagrama de caja o de alambre de Cantidad de frutos por planta. Datos de la estadística descriptiva.

En los datos obtenidos se puede apreciar que en el tratamiento CON100%, el MTW50% y el MTW100% hay datos atípicos. Los tratamientos que obtuvieron la mejor mediana fueron el: MTW50% con 349,50 frutos y el MTW100% 327,50 frutos indicándome que los datos no fueron simétricos. Además, los tratamientos MTW se encontraron en un rango de 129 frutos hasta 551

frutos siendo más uniformes que los de control (CON) que están entre 160 frutos a 424 frutos. Otro hecho que se muestra es que sus medias para cada uno de los tratamientos fueron dispersos, sus datos en CON100% fue 298,00 frutos. En MTW100% fue de 315,30 frutos. Mientras el CON50% 277,60 frutos y en MTW50% fue de 365,80 frutos. Finalmente podemos afirmar que ambos tratamientos con MTW fueron efectivos en la producción de frutos. Se enfatiza en el MTW50% ya que este obtuvo mayor cantidad de producción con la mitad del volumen de riego. Ospina *et al.*, (2018)

Tabla 18. Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en la cantidad de frutos en toda la investigación, respecto a las 6 combinaciones de los 4 tratamientos, este se midió en cantidad de frutos por tratamiento.

DIFERENCIAS DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
88,11	67,75	37,69	17,33	20,36	-50,42

En la siguiente figura 19 se representa los datos obtenidos en el modelo de cantidad de frutos, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 18, donde el tratamiento MTW al 50% de volumen de agua fue el más significativo en cantidad de frutos respecto a las demás combinaciones de los tratamientos.

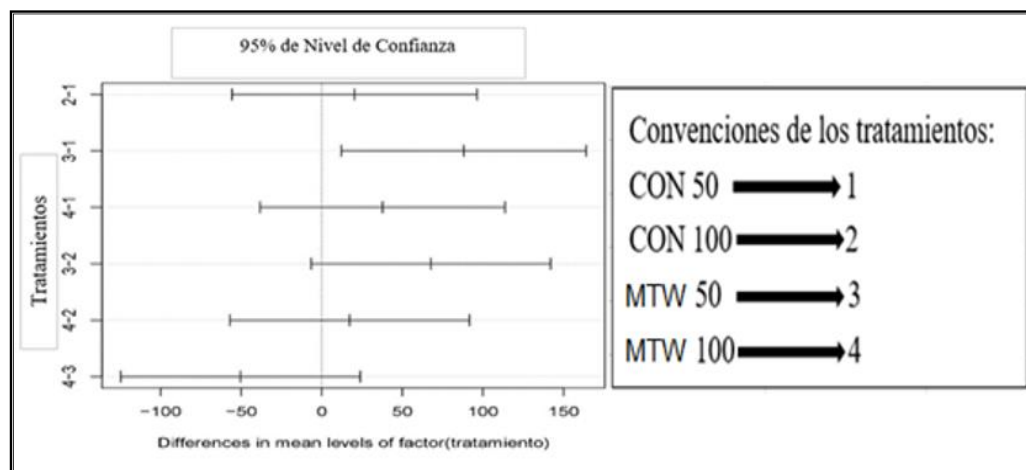


Figura 18. Cantidad de frutos con un nivel de confianza del 95% mediante el test de Tukey, donde muestra las diferencias evaluando mediante un lumbral obtenido de 74,30 con el Test. Adicionalmente vemos las convenciones para comprender las combinaciones.

El gráfico representa los tratamientos y los intervalos de confianza donde analizamos los límites inferiores y superiores en el cual no contienen el cero. Este fue evaluado mediante el test

de Tukey, donde se obtuvo con las medias una diferencia significativa de unos 88,11 frutos entre el MTW50% y el CON50%, que se muestran en el grafico mediante la combinación (3-1) durante las 7 cosechas recogidas, adicionalmente en los demás tratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas, el lumbral generado mediante el test fue de 74,30423 frutos. Los resultados obtenidos en su comparación de medias en el MTW50% fue de 365,75 frutos y el CON 277,64 mostrando la efectividad del agua tratada magnéticamente

Tabla 19. Variables de tendencia central (mediana, medias) evaluadas en la estadística descriptiva en el peso fresco de frutos en gramos (g) respecto a cada tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN PESO FRESCO DE FRUTOS EN (gramos)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
206,7	196,2	219,8	232,6	206,9	214,7	206,9	215,1

La tabla 19 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva, representada en la figura 20 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos entre medias y medianas.

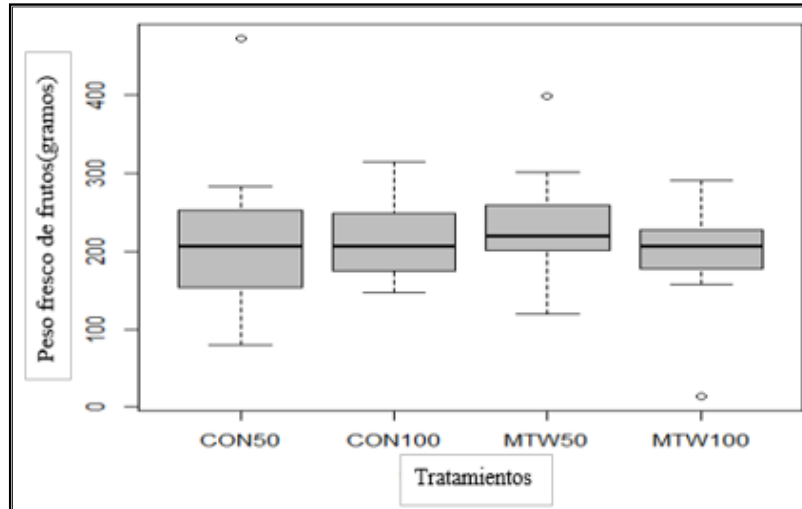


Figura 19. Diagrama de caja o de alambre de peso fresco de frutos en gramos (g) respecto a cada tratamiento.

Los datos obtenidos en las 7 cosechas conformada por las 48 plantas. No se obtuvo resultados estadísticamente significativos, vemos que su mediana en tres tratamientos es de 206 gramos, tan solo en el MTW50% se obtuvo 219 gramos. Además, al implementar los datos en la (ANOVA), el valor de P fue de 0.8889 mayor a $\lambda-1=0.05$, por esta razón. No se rechaza la hipótesis nula y decimos que hay diferencias, pero no significativas respecto a cada uno de los tratamientos.

Analizando los rangos intercuartílicos de cada tratamiento obtuvimos que el 50% de los datos se encuentra distribuidos así: en MTW100% unos 46,4 gramos, en MTW50% de 39,6 gramos, CON100% en 59,8 gramos y CON50% en 99 gramos. Adicionalmente se muestran datos atípicos (fuera del rango de análisis) en el CON50%, MTW50 % y MTW100%. Además, esto evidencia que las plantas asimilaron los nutrientes y agua, sin encontrar algún incremento en los tratamientos en estudio.

Tabla 20. Variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en el peso seco de frutos en gramos (g) respecto a cada tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN PESO SECO DE FRUTOS EN (gramos)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
73,45	72,7	88,46	91,54	64,9	65	61,2	65,68

La tabla 20 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva en media y mediana, como se observa el rango intercuartílico, como el máximo y mínimo de los datos representada en la figura 20 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

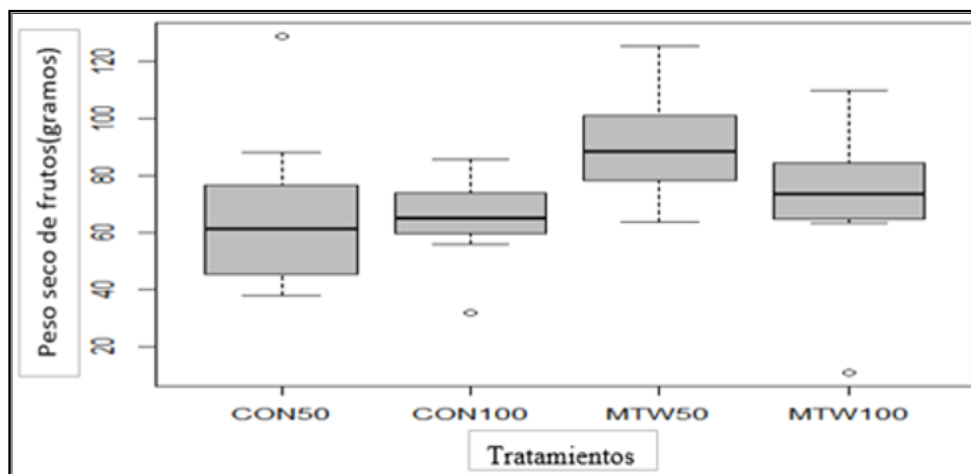


Figura 20. Diagrama de caja o de alambre de peso seco de frutos en (gramos) esto fue respecto a cada tratamiento

En el tratamiento MTW50% de volumen de agua se obtuvo en su mediana 88,46 mientras que en el tratamiento control CON50% hubo unos 61,20. Además, la distribución en todos los tratamientos fue muy variable ya que para cada uno de ellos se muestra una asimetría. Mientras que el MTW50% obtuvo unos 91,54 en su media mientras que el CON50% fue de 65,68. Comparando y analizando los rangos intercuartílicos (R.I.Q) en los tratamientos observamos que

estos se mueven en el 50%. Mostrándose en el R.I.Q para los 4 tratamientos, el MTW50% fue de 59,2 mientras que el CON50% fue de 101,5, en el MTW 100% fue de 45,4 y el CON100% fue de 36,8. Adicionalmente, se muestra unos datos atípicos en los tratamientos MTW100%, CON100% y CON50% estos son pesos que se salieron del intervalo de estudio, ocasionado en la toma de datos o el implemento de medición empleado. Además, se observa un incremento en los tratamientos de MTW, en el que MTW50% del volumen de agua, mostro que la planta retiene el agua atraves del tiempo.

Tabla 21. Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en el peso seco de frutos en gramos (g) respecto a la combinación de los 4 tratamientos.

DIFERENCIAS DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
25,857	26,544	7,0171	7,704	-0,687	-18,84

En la siguiente figura 22 se representa los datos obtenidos en el modelo de peso seco de frutos, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 21, donde el tratamiento MTW al 50% de volumen de agua fue el más significativo en biomasa acumulada respecto a las demás combinaciones de los tratamientos.

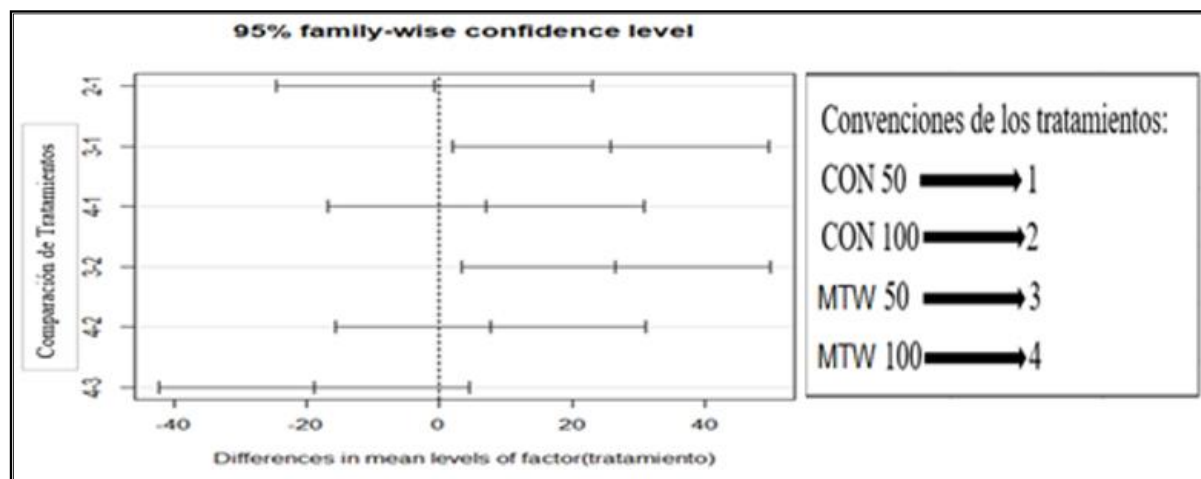


Figura 21. Diferencias de medias mediante el Test de Tukey con un nivel de confianza del 95% en peso seco de frutos en gramos (g) respecto a cada tratamiento en toda la investigación.

Se obtuvo en su comparación de medias mediante Tukey con un nivel de confianza de un 95% obteniendo un umbral de **23,31** el cual es el valor que solo unos cuantos lo superan como los tratamientos (3-1) que es MTW50% y CON50% se encontró una diferencia de 25,86 En el

(3-2) es MTW50% y CON100% se obtuvo una diferencia de 26.54 , siendo esta combinación la más efectiva en el uso de la tecnología de MTW50% de volumen de agua mediante el estrés hídrico en la planta, su media fue de 92 mayor a los de más tratamientos.

Tabla 22. Variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en el peso fresco de hojas en gramos (g) respecto a los 4 tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN PESO FRESCO DE HOJAS EN (gramos)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
0,708	0,681	0,607	0,631	0,694	0,654	0,543	0,544

La tabla 22 muestra los datos obtenidos mediante la estadística descriptiva en media y mediana en el peso fresco de hojas, como se observa el rango intercuartílico, como el max y minimo de los datos representada en la figura 23 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

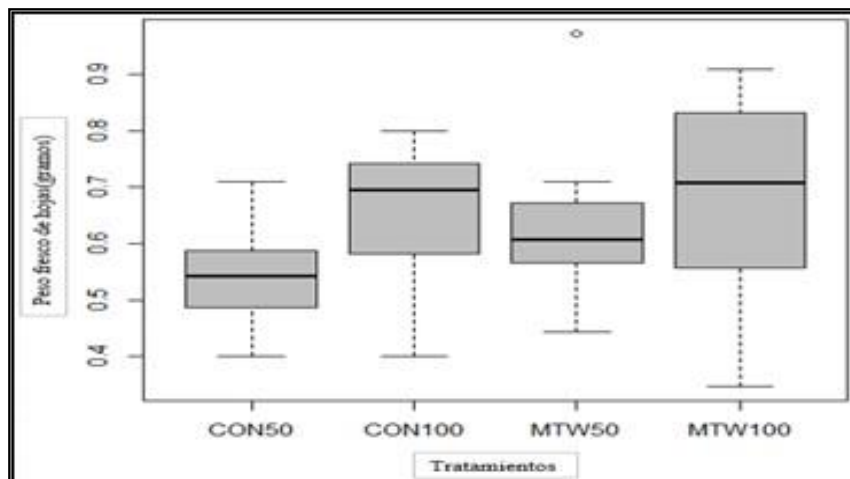


Figura22. Diagrama de caja o de alambre de peso fresco de hojas en (gramos) respecto a los 4 tratamientos.

En el peso fresco de hojas no se encontraron resultados estadísticamente significativos, además la variabilidad de los datos es bastante en todos los tratamientos. Muestra de ellas es el rango intercuartílico y su dispersión respecto al 50% de los datos o a la mitad de estos. Tenemos en cada uno de los tratamientos, en el MTW100% de volumen de agua fue de 0,2533 en MTW50% de volumen de agua fue de 0,0947 en CON100% de volumen de agua fue de 0,135 y en CON50% fue de 0,1005. Posteriormente se evaluaron los datos en la (ANOVA) obteniendo un

($P < 0,1053$) que es mayor a ($P < 0,05$), por este motivo no hay diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, por no cumplir con los diferentes pasos que componen el modelo establecido anteriormente. Además, se observa una gran variabilidad y diferencias, pero estos no son resultados estadísticamente significativos.

Tabla 23. variables de tendencia central evaluados en la estadística descriptiva en el peso seco de hojas en gramos (g) respecto a los 4 tratamientos, vemos la mediana y la media de cada tratamiento los cuales se describirán en la figura 24.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN PESO SECO DE HOJAS EN (gramos)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
0,602	0,562	0,537	0,562	0,346	0,36	0,322	0,312

Acontinuación describiremos los datos plasmados en la tabla 23 con la estadística descriptiva mediante la media y mediana en el peso seco de hojas. Además, se puede observar el rango intercuartilico (R.I.Q), como el max y minimo de los datos representada en la figura 24 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

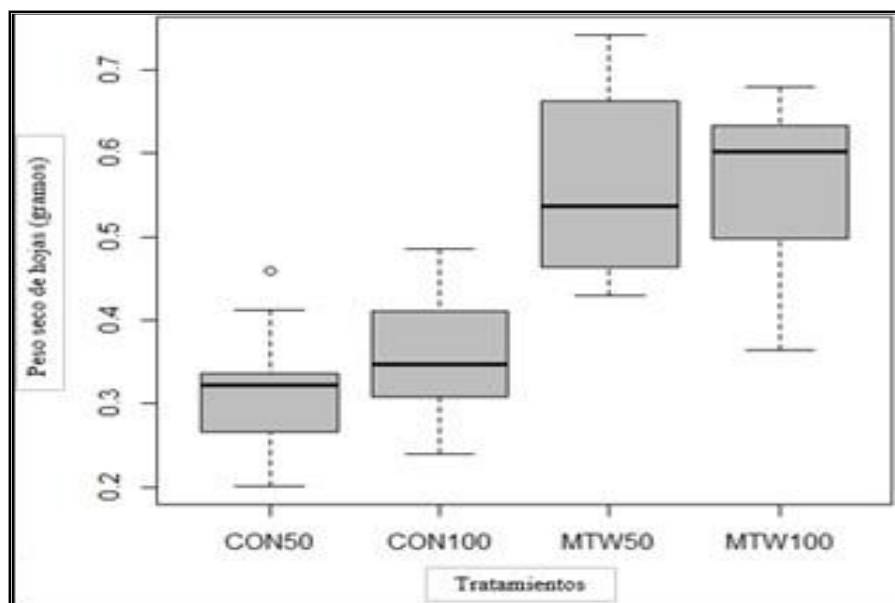


Figura 23. Diagrama de caja o de alambre de peso seco de hojas en (gramos) respecto a cada tratamiento.

En el peso seco de hojas se evaluó las medias de cada uno de los tratamientos en esta se obtuvo que en los tratamientos de MTW100% del volumen de agua hubo 0,5627 y en el MTW 50% fue de 0,5628 , no observando un incremento. Analizando las medianas en los diferentes tratamientos obtuvimos que en el MTW50% de volumen de agua fue de 0,5374 comparado

CON50% que fue de 0,3226 , el MTW100% tiene unos 0,3466 y CON50% 0,3226. Mostrando la dispersión de los datos en cada uno de los tratamientos. Además, se analizaron los rangos intercuartílicos (R.I.Q) de cada uno de los tratamientos los cuales mostraron que el MTW100% fue de 0,1042 ,mientras que MTW50% fue de 0,1871,comparado con el (control) CON100% de volumen de agua fue de 0.0916 y CON50% fue de 0,0694 , mostrando la dispersión en cada uno de los tratamientos respecto a la mitad de estos, como la gran diferencia de peso Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 24.Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en el peso seco de hojas en gramos (g) respecto a la combinación de los 4 tratamientos.

DIFERENCIAS DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
0,2503	0,2021	0,2501	0,2019	0,0482	-0,0001

En la siguiente figura 25 se representa los datos obtenidos en el modelo de peso seco de hojas, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 24, donde los tratamientos MTW fueron significativos respecto a las demás combinaciones de los tratamientos. Hacemos énfasis en el MTW50% de volumen de agua ya que este género mayor biomasa con esta tecnología.

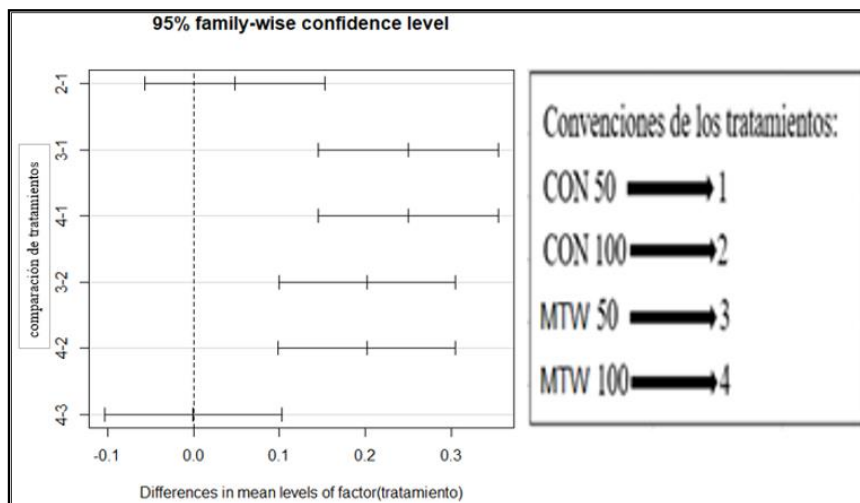


Figura 24.Diferencias mediante el Test de Tukey de peso seco de hojas en (gramos) respecto a los 4 tratamientos con un nivel de confianza del 95% .

Los resultados obtenidos en el peso seco de hojas fueron muy significativos, muestra de ello son las medias de cada uno de los tratamientos, los cuales tan solo dos de las seis comparaciones no se obtuvo resultados estadísticamente significativos. Los valores de cada una de las combinaciones fueron: (3-1) con una diferencia de 0,2503, (4-1) diferencia de 0,2501, (3-2) con una diferencia 0,2021 y (4-2) tiene una diferencia de 0,2019. Además, podemos observar que el intervalo de medias se encuentra un poco hacia la izquierda, pero adicionalmente los tratamientos se mueven en un límite superior de (0,3 a un límite inferior de (0,09 a 0,1). El lumbral obtenido en el test de Tukey fue de **0,10281** afirmando que existen diferencias significativas estadísticamente, el tratamiento MTW50% de volumen de agua género en las hojas una retención de líquido. Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 25. variables de tendencia central evaluados en la estadística descriptiva en el Área foliar en (cm²) respecto a los 4 tratamientos.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN AREA FOLIAR EN (cm ²)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
119,84	122,87	125,43	123,34	86,83	91,39	93,14	100,15

Acontinuación describiremos los datos plasmados en la tabla 25 con la estadística descriptiva mediante la media y mediana en el Area foliar. Además, se puede observar el rango intercuartilico (R.I.Q), como el max y minimo de los datos representada en la figura 26 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

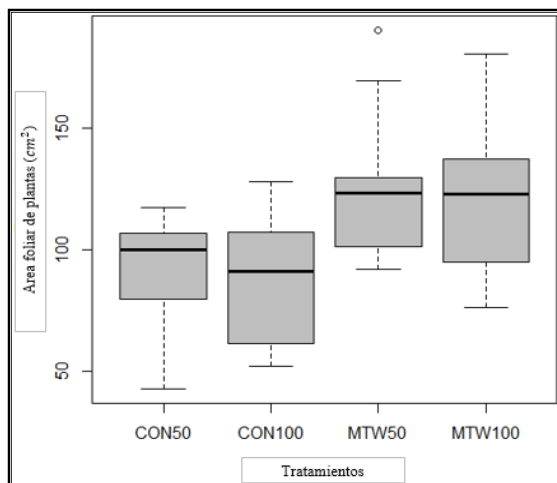


Figura 25. Diagrama de caja o de alambre de Área foliar en (cm²) de cada planta respecto a los 4 tratamientos

Las áreas de las hojas mostraron una relación positiva dentro de la estadística descriptiva, en plantas tratadas. Sin embargo, a pesar del área foliar más grande observada en el

tratamiento MTW50% de volumen de agua donde su media fue de 125,32 respecto a CON50% fue de 93,14. Además, la dispersión de los datos entre los rangos intercuartílicos se mostrará a continuación para cada uno de los tratamientos el MTW100% de volumen de agua fue de 39,59, en MTW50% fue de 26,46, para el tratamiento control fue de CON100% de volumen de agua fue de 42,48 y para el CON50% 27 observada en la figura 26.

Finalmente se observa la mediana de cada uno de los tratamientos, obteniendo que la distribución de los datos en MTW50% fue de 123,34, siendo mayor por otra parte el CON50% fue de 100,15 es decir que al tratar la planta con esta tecnología está género 23,19 más que las de control. Adicionalmente es de gran valor la obtención del incremento de esta variable para todo el proceso agronómico de la planta. Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 26. Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en el Área foliar en (cm²) respecto a las 6 combinaciones de los 4 tratamientos.

DIFERENCIA DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
32,284	38,596	26,699	33,01	-6,311	-5,589

En la siguiente figura 27 se representa los datos obtenidos en el modelo de Area foliar, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 26, donde los tratamientos MTW fueron significativos respecto a las demás combinaciones de los tratamientos. Hacemos énfasis en el MTW50% de volumen de agua ya que este género mayor área siendo de vital importancia para que la planta haya mitigado el estrés hídrico.

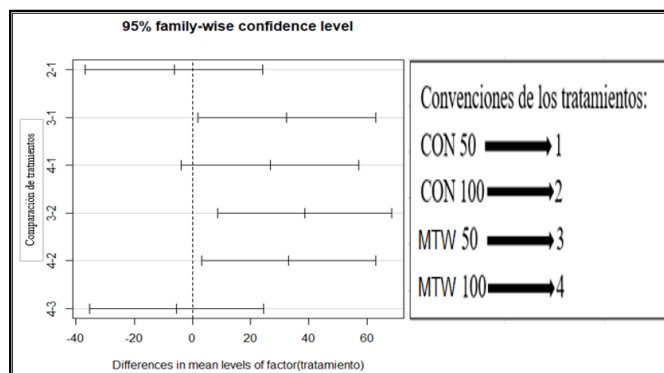


Figura 26. diferencias mediante el Test de Tukey de Área foliar de plantas en (cm²) respecto a las 6 combinaciones de los 4 tratamientos. Con un nivel de confianza del 95% .

En las áreas foliares, se obtuvo resultados estadísticamente significativos observados en plantas de ají Tabasco sometidas al MTW, esta variable no explica completamente la acumulación de biomasa, pero si en su comportamiento fisiológico, se compara las medias mediante el test de Tukey donde se obtuvo en los tratamientos expuestos en la figura 27 las siguientes combinaciones (3-1) una diferencia de 32,28, como la de (3-2) fue de 38,59 y la del (4-2) la diferencia fue de 26,69. Esto muestra que el MTW50% de volumen de agua fue eficiente en la obtención de biomasa a partir del incremento del área foliar, ya que a mayor área mayor absorción de luz fundamental para el proceso fotosintético de la planta (Condolo, 2017) & Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 27. Variables de tendencia central evaluados en la estadística descriptiva en el Potencial hídrico medido en (Mpa) respecto a los 4 tratamientos.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN POTENCIAL HIDRICO EN (Mpa)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
1,045	1,09	1,155	1,149	1,24	1,164	1,05	1,034

A continuación describiremos los datos plasmados en la tabla 27 con la estadística descriptiva mediante la media y mediana para el potencial hídrico. Además, se puede observar el rango intercuartílico (R.I.Q), como el max y min de los datos representada en la figura 28 donde el diagrama de caja o de alambre, no muestra algunos incrementos.

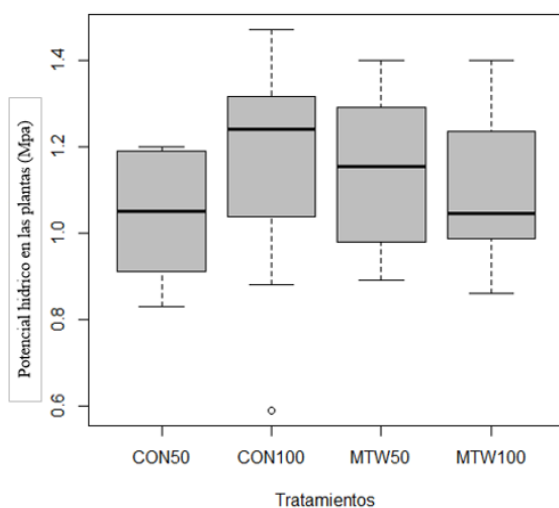


Figura 27. Diagrama de caja o de alambre del potencial hídrico en (Mpa) de los 4 tratamientos.

Podemos observar que los datos se mueven muy dispersos muestra de ello es las medianas de cada uno de los tratamientos. Además, la tecnología no afectó a las plantas, ya que en las mediciones que se tomaron se encontraron muchos datos atípicos en la realización del modelo. A las plantas se les realizó un estrés hídrico en la cual esta variable, mediante el test de Tukey no mostro resultados estadísticamente representativos. Pudo haber sido que la cámara de presión de scholander no fue sensible en la toma de datos. Cabe enfatizar que el ají Tabasco es una planta que tolera el estrés hídrico pero sus funciones fisiológicas se afectan severamente, si esta dura mucho tiempo, puede resultar en daños irreversibles, tales como caída de las hojas, flores y frutos expuesto en la investigación de (Condolo,2017).

Tabla 28. Variables de tendencia central evaluados en la estadística descriptiva en la Fluorescencia de la clorofila en (Ua) respecto a los 4 tratamientos.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN LA FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA EN (Ua)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
0,7655	0,7633	0,75	0,7541	0,73	0,7276	0,761	0,7551

A continuación describiremos los datos plasmados en la tabla 28 con la estadística descriptiva mediante la media y mediana para la fluorescencia de la clorofila. Además, se puede observar el rango intercuartílico (R.I.Q), como el max y minimo de los datos representados en la figura 29 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

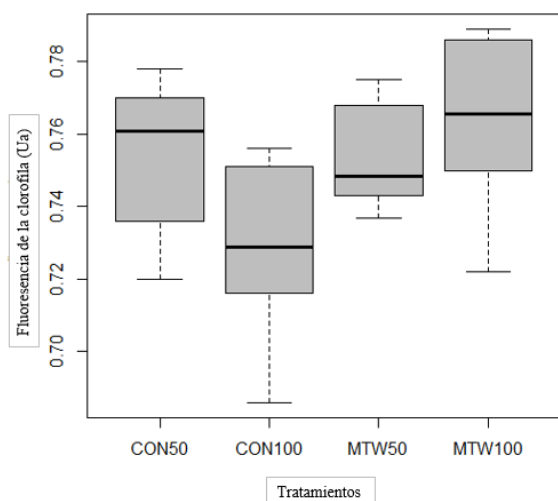


Figura 28. Diagrama de caja o de alambre de la Fluorescencia de la clorofila en Unidades de absorbancia (Ua) respecto a los 4 tratamientos

En la fluorescencia de la clorofila se observa en la figura 29, que solo el CON100% de volumen de agua obtuvo diferencias con los MTW, las medianas de los tratamientos muestran que las plantas con MTW50% de volumen de agua absorbió más luz solar que en el CON100%, Además, los datos del MTW 50% son más uniformes que los del CON100% y los demás tratamientos. Podemos inferir que las plantas de ají Tabasco estuvieron sometidas a un estrés hídrico ya que los valores de las medias oscilan en el rango de 0,72 a 0,76 Ua estos estuvieron en el rango de estrés, en condiciones normales la planta tiene un valor de (0,809 Ua). Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 29. Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en la Florescencia de la clorofila en (Ua) respecto a las diferentes combinaciones de los 4 tratamientos.

DIFERENCIAS DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
-0,001	0,0265	0,0082	0,0357	-0,0275	0,0092

En la siguiente figura 30 se representa los datos obtenidos en el modelo de la florescencia de la clorofila, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 29, donde los tratamientos MTW fueron significativos respecto a las demás combinaciones de los tratamientos. Hacemos énfasis en el MTW50% de volumen de agua ya que este mostro el estrés hídrico en la planta y su funcionamiento.

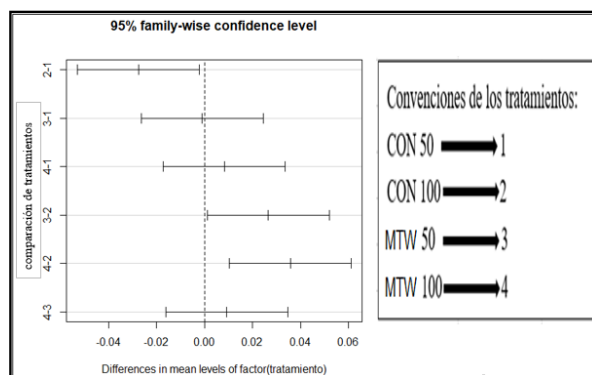


Figura 29. Diferencias mediante el Test de Tukey de la Fluorescencia de la clorofila en (Ua) respecto a los 4 tratamientos con un nivel de confianza del 95%.

En la figura 30, se analizó mediante las medias del test de Tukey los resultados que se obtuvieron fueron estadísticamente significativos. El lumbral obtenido fue de **0,023** el cual se empleó para la

determinación de las diferencias que se encontraron. Entre las combinaciones tenemos la (3-2) y (4-2) en la cual muestra como la eficiencia fotosintética fue menor, generando mayor emisión de calor como mayor fluorescencia que se evidencio en las plantas de MTW50% de volumen de agua, se enfatiza en este tratamiento ya que este empleo la mitad del volumen de agua y generó mayor fluorescencia representada en el proceso fotosintético de la planta y evidenciada en los diferentes parámetros de biomasa. El MTW100% de volumen de agua obtuvo resultados positivos siendo este irrelevante para la investigación ya que maneja el 100% del volumen de agua. Ospina *et al.*, (2018).

Tabla 30. variables de tendencia central evaluadas en la estadística descriptiva en la Humedad del suelo respecto cada tratamiento.

VARIABLES DE TENDENCIA CENTRAL EN HUMEDAD DEL SUELO EN (% V/V)							
MTW100		MTW50		CON100		CON50	
MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA
29,11	29,56	29,5	29,37	23,87	24,63	23,59	23,67

Acontinuación describiremos los datos plasmados en la tabla 30 con la estadística descriptiva mediante la media y mediana para la Humedad del suelo. Además, se puede observar el rango intercuartilico (R.I.Q), como el max y minimo de los datos representados en la figura 31 donde el diagrama de caja o de alambre, muestra algunos incrementos.

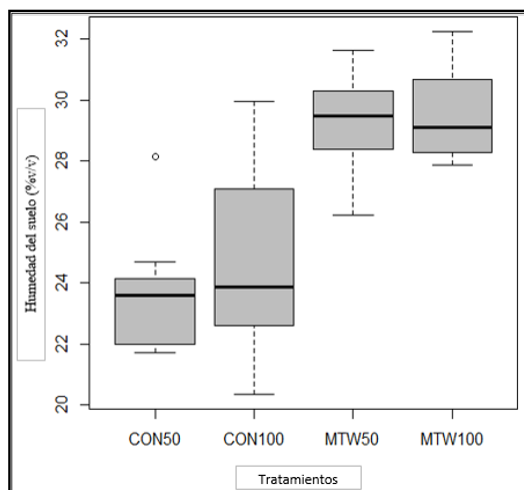


Figura 30.Diagrama de caja o de alambre de la humedad del suelo medido(% de V/V) respecto a cada tratamiento.

En la humedad del suelo, obtuvimos que el suelo mediante esta tecnología se comportó como un reservorio, prueba de ella se observa en las medianas de cada uno de los tratamientos, en la diferencia de MTW50% de volumen de agua y el control CON50% obteniendo un incremento de 5,31 y entre MTW50% y CON100% se obtuvo una diferencia de 5,63. Los datos fueron recolectados diariamente y tomados volumétricamente. Observamos que el tratamiento

MTW100% de volumen de agua también se obtuvieron resultados positivos siendo estos más concentrados en ambos tratamientos visualizado entre sus rangos intercuartílicos.

Tabla 31. Diferencias de medias evaluadas mediante el Test de Tukey en la humedad del suelo en (% V/V) respecto a las 6 combinaciones de los 4 tratamientos.

DIFERENCIAS DE MEDIAS DE TUKEY					
DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS
MTW50-CON50	MTW50-CON100	MTW100-CON50	MTW100-CON100	CON100-CON50	MTW100-MTW50
5,9752	4,7416	6,1586	4,925	1,2336	0,1833

En la siguiente figura 32 se representa los datos obtenidos en el modelo de la humedad del suelo, dando unas diferencias de medias en toda la investigación observada en la tabla 31, donde los tratamientos MTW fueron significativos respecto a las demás combinaciones de los tratamientos. Hacemos énfasis en el MTW50% de volumen de agua ya que este mostro que el suelo se comporta como un reservorio.

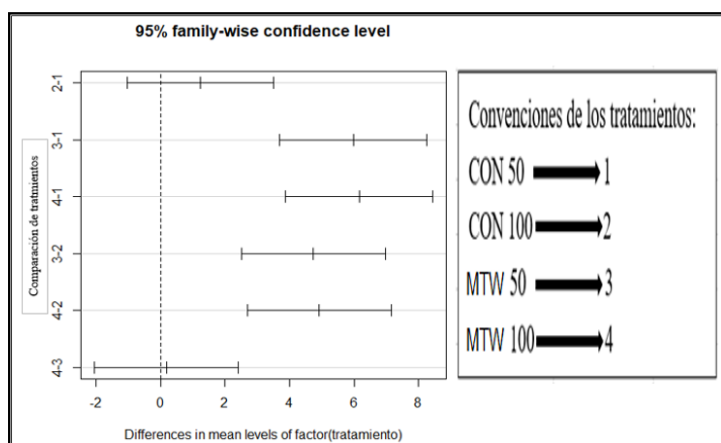


Figura 31. Diferencias mediante el Test de Tukey de la humedad del suelo en (% V/V) respecto a las 6 combinaciones de los 4 tratamientos.

Se analizó la humedad del suelo mediante una medición volumétrica, empleando el test de Tukey mediante las medias, se obtuvo que las combinaciones de (3-1), (3-2) vista en la figura 32 fueron estadísticamente representativas, en los resultados expuestos anteriormente se observa que las diferentes combinaciones generaron resultados estadísticamente representativos siendo esta tecnología MTW un instrumento promisorio para suelos que pierden humedad rápidamente este instrumento muestra que preserva el agua en los microporos. También se obtuvo en el MTW100% de volumen de agua buenos resultados respecto a las diferentes combinaciones con los de control, como se muestra en la figura 32 esto era de esperarse ya que, si con la mitad se del

agua se obtiene excelentes resultados pues al 100% del volumen esta conserva más el agua, además estamos desperdiciando el recurso hídrico.

6. CONCLUSIONES

En la etapa de germinación los datos obtenidos estadísticamente no fueron significativos esto debido a la enfermedad dampig-off que afectó el semillero en gran medida. Además, no hubo ninguna diferencia en las variables físico químicas del agua analizadas como fueron: la tensión superficial, el pH y la conductividad eléctrica no mostraron ni en el agua en reposo, ni recirculada control, como tampoco en agua recirculada MTW. Lo anterior pudo deberse a que el instrumento no fue tan sensible en la toma de los datos.

La evaluación de variables agronómicas permitió determinar la eficiencia en el crecimiento y desarrollo y fructificación de la planta, mediante el comportamiento evolutivo de esta, exponiéndolas a un instrumento de campo magnético de 156 mT durante 5 minutos el cual arrojó que esta tecnología durante este intervalo de tiempo y con esta intensidad da resultados representativos para futuras investigaciones.

La evaluación en la segunda etapa de las siguientes variables de peso seco tanto en fruto como en hojas, porcentaje de humedad del suelo y la fluorescencia de la clorofila, mediante estrés hídrico en plantas de ají Tabasco evidenció que éstas a través del tiempo conservan el agua, sin disminuir su rendimiento agronómico, además el suelo se comporta como un reservorio para la planta hecho que es fundamental en la conservación del recurso hídrico.

La retención de agua en los frutos secos, es de vital importancia para la industria alimenticia ya que el proceso de deshidratación puede ser más lento favoreciendo su conservación en los cuartos fríos.

La obtención de mayor área foliar, evidenció que el MTW50% de volumen de agua fue eficiente en todo su proceso evolutivo, ya que facilitó a las plantas a mitigar el estrés hídrico y generar mayor productividad , como biomasa en la planta.

El potencial hídrico efectuado mediante la cámara de presión de scholander en condiciones de estrés hídrico en la planta no obtuvo resultados estadísticamente significativos con el control, debido a que los datos analizados mediante el modelo estadístico no pasaron el lumbral propuesto para que hubiesen resultados estadísticamente significativos debido a que el instrumento utilizado no fue tan sensible en la obtención de los datos.

La variable evaluada de fluorescencia de la clorofila, efectuada mediante el fluorómetro durante el estrés hídrico evidencio que los tratamientos de MTW mitigan esta reacción generando que su proceso fotosintético no sufra cambios tanto en su comportamiento como en su fisiología. Siendo esta medición una de las más eficaces para valorar el requerimiento agronómico en la planta.

En general, la asimilación de MTW en las plantas de ají Tabasco arrojó un buen rendimiento agronómico comparado con las plantas de control. Además, en el transcurso del cultivo no hubo pérdida de plantas por plagas o cualquier otra razón. Se observó una uniformidad en la floración como en el incremento de frutos en cada una de ellas.

Los efectos positivos en las seis variables evaluadas, evidenciaron que la tecnología del MTW es promisoría para futuras investigaciones, para mantener y fortalecer un campo autosostenible.

En conclusión, el cultivo del ají tabasco con la tecnología de MTW puede reducir la lámina de riego a la mitad generando una mejor eficiencia tanto hídrica como económica para el sector agrícola. Evidenciado en los modelos estadísticos propuestos.

7. Recomendaciones

Esta investigación es una de las pocas que se ha realizado en el país analizando parámetros en las plantas mediante estrés hídrico con agua tratada magnéticamente, se desea que haya una mejora en las siguientes investigaciones, centrándose en el estudio de los cambios que ocurren en las propiedades químicas en el agua con fertirriego, al pasar por un campo magnético con el instrumento magnetron de intensidad de 156 mT; este aspecto es de vital importancia dado que la base química de los nutrientes sintéticos son sales en las que se desea saber qué ocurre, qué cambios tienen lugar en ellas y qué nutrientes son asimilados con mayor proporción mediante esta tecnología, para así contribuir en la investigación del campo agrícola.

Se sugiere que esta investigación se replique para diferentes cultivos, específicamente en aquellos que generen fruto, con el fin de determinar y analizar la funcionalidad en el crecimiento, desarrollo y fructificación; teniendo siempre como eje fundamental el rendimiento productivo.

Se recomienda el manejo de magnetrones con intensidades magnéticas mayores de la implementada, y manejar 3 sistemas aleatorios con su tratamiento testigo, ya que los resultados obtenidos en esta parte del experimento de fructificación en su totalidad no fueron estadísticamente significativos.

8. Referencias

- Ali, Y., Samaneh, R., & Kavakebian, F. (2014). *Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development : A Review of Recent Advances*. Current World Environment, 9, 695–703. Recuperado de://doi.org/10.12944/CWE.9.3.18
- An overview*, 5(1), p.p.1-15. Recuperado <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.166>
- Antón, Soplopucó, D. (2017). *Impacto de la extensión agrícola con pequeños productores de ají Tabasco [Capsicum frutescens] en Piura, Cajamarca y Amazonas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina Facultad de Agronomía. Lima , Peru.
- Berrios, M , Arredondo, C. Tjalling, H. (2007). *Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimienta*. SQM S.A.
- Cardona, J. (2013). *Evaluación de genotipos de ajíes (Capsicum spp) resistentes a pudriciones radicales causadas por Fusarium sp y Phytophthora capsici*. Tesis de maestría en ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira Colombia.
- Chaves , S., Moreira de Azevedo, B., de Medeiros, J., Francimar de madeiros., Lima Bezerra, F. & De Moraes, N. (2005). *Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem*. Revista Ciência Agronômica, V36,n3,p262,267.Centro de Ciencias Agrarias.Universidad Federal do Ceará,Fortaleza,CE. Recuperado de: <http://www.ccarevista.ufc.br>.
- Condolo, J. (2017). *Determinar los requerimientos hídricos de pimienta (capsicum annum), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector san José perteneciente al sistema de riego campana- malacatos*. Tesis de Ingeniería agrícola. Universidad Nacional de Loja. Ecuador Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja Ecuador.
- Cuadrado, M. (1993). *Germinación, Latencia y Dormición de las Semillas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Madrid, España.
- Dannehl, D. (2018). Effects of electricity on plant responses. *Scientia Horticulturae*, 1–11. Recuperado de://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.007

- Esmaeilnezhad, E. Choi, H. Schaffie, M. Gholizadeh, Mostafa & Ranjbar, M. (2017). *Characteristics and applications of magnetized water as a green technology*.
- Freedman, R. A., Sears, F. W., Young, H. D., & Zemansky, M. W. (2009). *Sears Zemansky Física universitaria: con física moderna/Física universitaria* (No. 53). Addison-Wesley
- Gheraout, D. (2018). *International journal of advanced and applied sciences magnetic field generation in the water treatment perspectives. An overview*, 5(1), p.p. 193–203. Recuperado de <http://www.science-gate.com/IJAAS.html>
- González, J., & Martín, R. (2016). *El Agua Tratada Magnéticamente estimula la germinación y el desarrollo de semilleros de tomate (Solanum lycopersicum)*. Revista brasileira de agropecuária sustentável (rbas), (No. 6), p.p. 47–53. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/307948802_Agua_Tratada_Magneticamente_estimula_a_Germinacao_e_Desenvolvimento_de_Mudas_de_Solanum_lycopersicum_L
- Herrera, J. (2015). *Determinación experimental de la curva del coeficiente de cultivo (kc) del ají Tabasco (Capsicum annuum) en la vereda Guacas, municipio de Guacarí (Valle)*. (Tesis de pregrado) EIDENAR, Universidad del Valle.
- Huo, ZF. Zhao,Q & Zhang ,YH. (2011). Experimental study on effects of magnetization on surface tension of water. *Proc Eng* 26:501 – 505.
- Laurella, S.L, (2017) *Resonancia magnética nuclear, una herramienta para la elucidación de estructuras moleculares*. Buenos Aires Argentina, Editorial de la Universidad de la Plata .Facultad de Ciencias Exactas UNLP
- Lorenz, O.A.; Maynard, D.N. (1980). *Knott's handbook for vegetable growers*. Wiley-Science, Nueva York, 5 edición (2006)
- MADR. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018).Reporte Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Maffei, R. (2014). *Evolución de los campos magneticos en el efecto del crecimiento y desarrollo de las plantas*. Revista *Frontiers in plant science*.

- Maheshwari, B. L., & Grewal, H. S. (2009). *Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity*. *Agricultural Water Management*, 96, 1229–1236. Recuperado de: doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.03.016
- Martínez, C. (2015). *Requerimientos nutricionales del ají Capsicum annuum L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cali, Colombia.
- Méndez, M. (2013). *Aplicación de campos electromagnéticos en semillas de ají (Capsicum frutescens L.)* Tesis de pregrado. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Mendoza, R. (2006). *Sistemática e historia de ají Capsicum Tourn.* *Universalia*, 11, 80–88. Recuperado de: dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2924765
- Mundarain, S., Coa, M., & Cañizares, A. (2005). *Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (Capsicum frutescens L.) Phenology*. 62 *Revista UDO Agrícola*, 5, 62–67.
- Ospina, D. (2017). *Study of the effect of magnetic treatment on the physiology and yield of different crop species (tesis de doctorado)*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/57732/>
- Ospina, D., Bolaños, J., Zúñiga, O. & Muñoz, C. (2018). *Fotosíntesis y rendimiento de biomasa en ají, rábano y maíz sometidos a agua tratada magnéticamente*. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.
- Plan Nacional de Desarrollo. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018*. Recuperado de https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/resumen_ejecutivo_ultima_version.pdf
- PTP, (2013). *Plan de Negocios de Aji*. Programa de Transformación Productividad. Asofrucol y Fondo Nacional de Fomento de Hortifrutícola.
- Rada, O., Chaverra, Y. Morante, D. Mosquera, O. 2011. La gestión tecnológica: una herramienta para el desarrollo de la cadena productiva del ají en el Valle del Cauca. *Revista Entramado*. Unilibre Cali. 13: 12-30.

- Rázuri Ramírez, L., Pérez, A. T., Hernández, J. D., Rosales, J. G., Principal, A., Rázuri, L., & Resumen, R. (2009). *Manejo del agua en el cultivo del ají (Capsicum cheninse jacq) a través del tensiometro y tina de evaporación, utilizando riego localizado*. Capsicum cheninse jacq. VIII, 15, 2009–2. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/Indicadores.aspx>
- Rodríguez, E. (2009). *Efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización sobre la nutrición y rendimiento de ají (Capsicum spp.) en el Valle del Cauca*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia.
- Romero, M., Enciso, C., García, M., Wagner, J. y Puentes Y. (2016). *Eficiencia de uso de nutrientes en ají Tabasco (Capsicum frutescens) y habanero (Capsicum chinense)*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 7(2), p.p. 121-127. Recuperado de: <https://Dialnet-EficienciaDeUsoDeNutrientesEnAjiTabascoCapsicumFru-6285731.pdf>
- Rugeles, L. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de hortalizas en Colombia: salsa de ají*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Entidad Ejecutora Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Ruiz, J. (2017). *Diseño de un Sistema de Buenas Practicas Agrícolas como estrategia para la certificación orgánica otorgada por (grup ecocert) para la empresa agricultura e inversiones agrin S.A.S*. Universidad Autonoma de Occidente. Facultad de Ciencias Basicas.
- Tello, Luis A. A. del V. del C. (2010). *HUGO RESTREPO: Encadenamiento productivo de ají picante en el Valle del Cauca*. Recuperado de: http://growinginclusivemarkets.com/media/cases/colombia_restrepo_2010.pdf
- Ugás, R., & Mendoza, V. (2012). *El punto de ají investigaciones en Capsicum nativos numero 1 y 2*. Programa de hortalizas. UNALM Lima, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/PUNTO%20DE%20AJI%20.pdf>
- UPRA, Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. Informe de gestión (2016), *Plan De Accion Institucional*. Recuperado de :<http://www.upra.gov.co>.
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R., & Reveles-Hernández, M. (2013). *Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México*.
- Vera, C. (2015). *Niveles de fertilización química en el comportamiento agronómico del cultivo de ají (Capsicum frutescens)*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica estatal de Quevedo unidad de Estudios Semipresencial Carrera Ingeniería Agropecuaria Quevedo - Ecuador.

Xiumei, L., Fengyun, M., Hong, Z, Xuesong, M., Jianyao, G., Xiao, W., Lu, W., Huatian, W., Yanping, W . (2017). *Effects of magnetized water treatment on growth characteristics and ion absorption, transportation and distribution in Populus × euramericana “Neva” under NaCl stress*. Canadian journal of forest research manuscript, p.p. 1-27. Recuperado de , <https://mc06.manuscriptcentral.com/cjfr-pubs>

Yáñez, P., Balseca, D., Rivadeneira, L., & Larenas, C. (2015). *Características morfológicas y de concentración de capsaicina en cinco especies nativas del género Capsicum cultivadas en Ecuador morphological*. La Granja: Revista de Ciencias de La Vida, 22, 12–32. Recuperado de: doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.02

Zúñiga O., Benavides, J., Jiménez, C., Gutiérrez, M. y Torres, C. (2016). *Efecto del agua tratada magnéticamente en el desarrollo y la producción de cúrcuma (Curcuma longa)*. Revista colombiana de ciencias hortícolas, 10, p.p. 176-188. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n1/v10n1a13.pdf>

9. Anexos

Validación estadística etapas I y II

En toda la investigación se empleó una estadística descriptiva, luego se evalúan los datos mediante una Anova o variabilidad de los datos donde específicamente analizamos si hay diferencias entre ellos, para luego emplear la prueba de Tukey la cual determino en qué proporción se encuentra las diferencias de cada uno de los datos utilizados. Se empleó el programa estadístico R.

MODELO DE CANTIDAD DE FRUTO					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTw50	MTw100	
maximo	424	409	551	376	
3° cuartil	335,5	318	392,2	355,2	
media	277,6	298	365,8	315,3	
mediana	248	299,5	349,5	327,5	
1° cuartil	234	281,2	333	309,8	
minimo	160	178	293	129	
ANOVA					
Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	49732	16577	3,574	0,0215
Error	43	199449	4638		
Tabla de comparación multiple de medias Tukey					
Combinación	diferencia	limite inferior	limite superior	Probabilidad	
CON100-CON50	20,36364	-55,610231	96,3375	0,8900777	
MTw50-CON50	88,11364	12,139769	164,0875	0,017303	
MTw100-CON50	37,69697	-38,276897	113,67084	0,5517979	
MTw50-CON100	67,75	-6,553908	142,05391	0,0852341	
MTw100-CON100	17,33333	-56,970574	91,63724	0,9240064	
MTw100-MTw50	-50,41667	-124,720574	23,88724	0,2812023	
Tukey	74,30423				
HSD Test					
Tratamiento	Media	grupos			
MTw50	365,75	a			
MTw100	315,3333	ab			
CON100	298	ab			
CON50	277,6364	b			

MODELO DE PESO SECO DE FRUTOS					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
maximo	128,7	85,6	125,2	109,9	
3° cuartil	76,42	73,05	99,7	84,1	
media	65,68	65	91,54	72,7	
mediana	61,2	64,9	88,46	73,45	
1° cuartil	45,15	59,73	81,6	65,25	
minimo	37,9	31,8	63,5	10,8	
ANOVA					
Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	5445,5	1815,15	3,9778	0,01377
Error	43	19621,6	456,32		
Tabla de comparación multiple de medias Tukey					
Combinación	diferencia	limite inferior	limite superior	Probabilidad	
CON100-CON50	-0,6870455	-24,516567	23,142476	0,9998333	
MTW50-CON50	25,8571212	2,027599	49,686643	0,0288206	
MTW100-CON50	7,0171212	-16,812401	30,846643	0,8599651	
MTW50-CON100	26,5441667	3,238435	49,849899	0,0199958	
MTW100-CON100	7,7041667	-15,601565	31,009899	0,8134209	
MTW100-MTW50	-18,84	-42,145732	4,465732	0,1508288	
Tukey	23,3053				
HSD Test					
Tratamiento	Media	grupos			
MTW50	92	a			
MTW100	73	ab			
CON50	66	b			
CON100	65	b			

MODELO DE PESO FRESCO DE HOJAS					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
minimo	0,401	0,4	0,443	0,347	
1° cuartil	0,486	0,5982	0,5673	0,559	
mediana	0,543	0,6945	0,6075	0,708	
media	0,5448	0,6544	0,631	0,6814	
3° cuartil	0,5865	0,7332	0,662	0,8123	
maximo	0,709	0,8	0,972	0,909	
ANOVA					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	0,1187	0,039567	2,1706	0,1053
Error	43	0,78384	0,018229		

MODELO DE PESO FRESCO DE FRUTOS					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
maximo	473,1	314,5	399	290,9	
3° cuartil	252,3	243,7	243,6	227,8	
media	215,1	214,7	232,6	196,2	
mediana	206,9	206,9	219,8	206,7	
1° cuartil	153,3	183,9	204	181,4	
minimo	80	147,1	119,3	14,2	
ANOVA					
Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	3518	1172,8	0,2101	0,8889
Error	43	43 240082	5583,3		

MODELO DE PESO SECO DE HOJAS					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
minimo	0,2013	0,2399	0,4297	0,3644	
1° cuartil	0,2662	0,3129	0,4745	0,5255	
mediana	0,3226	0,3466	0,5374	0,6027	
media	0,3125	0,3607	0,5628	0,5627	
3° cuartil	0,3356	0,4045	0,6616	0,6297	
maximo	0,4598	0,4854	0,7421	0,6795	
Anova					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	0,60835	0,20278	22,836	5,35E-09
Error	43	0,38184	0,00888		
Tabla de comparación multiple de medias Tukey					
Combinación	diferencia	limite inferior	limite superior	Probabilidad	
CON100-CON50	0,048205303	-0,05691486	0,1533255	0,6143421	
MTW 50-CON50	0,250305303	0,14518514	0,3554255	0,0000006	
MTW 100-CON50	0,250163636	0,14504348	0,3552838	0,0000006	
MTW 50-CON100	0,2021	0,09929045	0,3049095	0,0000255	
MTW 100-CON100	0,201958333	0,09914879	0,3047679	0,0000258	
MTW 100-MTW 50	-0,000141667	-0,10295121	0,1026679	1	
Tukey	0,1028101				
HSD Test					
Tratamiento	Media	grupos			
MTW 50	0,5628	a			
MTW 100	0,5627	a			
CON50	0,3125	b			
CON100	0,3607	b			

MODELO DEL ÁREA FOLIAR					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
minimo	43,1	52,14	92,22	76,54	
1° cuartil	79,7	64,28	103,2	96,64	
mediana	100,15	91,39	123,34	122,87	
media	93,14	86,83	125,43	119,84	
3° cuartil	106,7	106,76	129,66	136,27	
maximo	117,56	128,27	190,28	180,41	
Anova					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	13039	4346,4	5,7975	0,002025
Error	43	32237	749,7		
Tabla de comparación múltiple de medias Tukey					
Combinación	diferencia	límite inferior	límite superior	Probabilidad	
CON100-CON50	-6,311061	-36,855238	24,23312	0,9454566	
MTW50-CON50	32,284773	1,740595	62,82895	0,0347008	
MTW100-CON50	26,698939	-3,845238	57,24312	0,1056949	
MTW50-CON100	38,595833	8,723038	68,46863	0,0066491	
MTW100-CON100	33,01	3,137205	62,8828	0,0252109	
MTW100-MTW50	-5,585833	-35,458629	24,28696	0,9586962	
Tukey	29,87261				
HSD Test					
Tratamiento	Media	grupos			
MTW50	125,4275	a			
MTW100	119,84167	ab			
CON50	93,14273	bc			
CON100	86,83167	c			

MODELO DEL POTENCIAL HÍDRICO					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
minimo	0,83	0,59	0,89	0,86	
1° cuartil	0,91	1,041	0,98	0,988	
mediana	1,05	1,24	1,155	1,045	
media	1,034	1,164	1,149	1,09	
3° cuartil	1,19	1,308	1,285	1,192	
maximo	1,2	1,47	1,4	1,4	
ANOVA					
Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	0,11799	0,03933	1,1287	0,3478
Error	44	1,5332	0,034846		

MODELO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Estadísticas Descriptivas	Tipo de tratamiento				
	CON50	CON100	MTW50	MTW100	
minimo	21,71	20,36	26,25	27,87	
1° cuartil	22,27	22,66	28,42	28,44	
mediana	23,59	23,87	29,5	29,11	
media	23,67	24,63	29,37	29,56	
3° cuartil	24,1	26,86	30,18	30,48	
maximo	28,16	29,97	31,63	32,25	
ANOVA					
Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor_p
Tratamiento	3	354,37	118,124	28,276	2,94E-10
Error	43	179,63	4,177		
Tabla de comparación multiple de medias Tukey					
Combinación	diferencia	limite inferior	limite superior	Probabilidad	
CON100-CON50	1,2335606	-1,046456	3,513577	0,4784827	
MTW50-CON50	5,9752273	3,695211	8,255244	0,0000001	
MTW100-CON50	6,1585606	3,878544	8,438577	0	
MTW50-CON100	4,7416667	2,511767	6,971567	0,0000062	
MTW100-CON100	4,925	2,6951	7,1549	0,000003	
MTW100-MTW50	0,1833333	-2,046567	2,413233	0,9961985	
Tukey	2,229778				
HSD Test					
Tratamiento	Media	grupos			
MTW100	29,55583	a			
MTW50	29,3725	a			
CON100	24,63083	b			
CON50	23,39727	b			



CERTIFICADO DE ANALISIS
FERTILIDAD DEL SUELO



Propietario: Sr(a) GRUPO ILAMA-UNIVERSIDAD DEL VALLE

Remitente: AGRANOVA S.A.S.

Número de Certificado:	ASU 166907		Fecha Ingreso
Cultivo / Variedad	NO_ESPECIFICADO / NO ESPECIFICADO		24/05/2017
Municipio / Departamento / Finca	VALLE DEL CAUCA / GUACARI / GUACAS		Fecha Emisión
Identificación	PUNTO 3		09/06/2017
Parámetro	Valor	Calificación	Extracción / Método analítico / Referencia
pH	7,33		Pasta Saturación / Potenciometría / Método Interno
C.E (dS/m)	0,24		Extracto Saturación / Conductimetría / Método Interno
% Saturación media	27,50		Con base en el peso húmedo
% Carbono Orgánico	1,17		Walkley-Black / Colorimétrico / Método Interno
% Materia Orgánica	2,02		Cálculo
Textura	FRANCO-ARCILLO-ARENOSO		
	% Arena	% Limo	% Arcilla
	50	18	32

Parámetro	mg/100g	mg/Kg (p.p.m)	Calificación	Extracción / Método analítico / Referencia
Potasio intercambiable	0,5	195		Ac. NH ₄ / Absorción Atómica / Método Interno
Calcio intercambiable	20,5	4100		Ac. NH ₄ / Absorción Atómica / Método Interno
Magnesio intercambiable	15,5	1860		Ac. NH ₄ / Absorción Atómica / Método Interno
Sodio intercambiable	0,37	85,1		Ac. NH ₄ / Absorción Atómica / Método Interno
Acidez intercambiable	N.A	N.A	N.A	KCl / Volumetría / Método Interno
Hierro		32,0		Mezcla ácida / Absorción Atómica / Melhich I
Manganeso		113		Mezcla ácida / Absorción Atómica / Melhich I
Cobre		8,2		Mezcla ácida / Absorción Atómica / Melhich I
Zinc		3,1		Mezcla ácida / Absorción Atómica / Melhich I
Boro		0,06		Ca(OH) ₂ / Colorimétrico / Método Interno
Fósforo		36		Sl. Bray II / Colorimétrico / Método Interno
Azufre		11		Ca(OH) ₂ / Turbidimétrico / Método Interno
Amonios		27		NaCl / Colorimétrico / Método Interno
Nitratos		8,7		Ac. Na / Colorimétrico / Método Interno

Este documento registra fielmente el resultado de las mediciones realizadas. Los resultados contenidos en el presente, hacen referencia a la(s) muestra(s) analizadas en las fechas indicadas. El laboratorio no presta el servicio de muestreo en campo, en consecuencia no se responsabiliza de los perjuicios derivados de dicho proceso, así como de errores en la interpretación de los resultados. La fecha de ejecución de los ensayos, corresponde al periodo comprendido entre la fecha de ingreso y la fecha de emisión. Los valores de referencia están tomados de bases de datos internas de Agrilab S.A.S. y de las referencias: "Fertilización de cultivos en clima frío (1998). Fertilización de cultivos en clima medio (1995) y Fertilización de cultivos en clima cálido, editados por Guerrero R. y publicados por Monómeros Colombo Venezolanos S.A."

Cálculos			Todos los valores con calificación
% Saturación	Magnesio	41,8	Calificación según cultivo: D: Deficiente B: Bajo M: Medio A: Alto E: Excesivo Referente al servicio solicitado: M.I: Muestra Insuficiente N.A: No Analizado Referente al informe: Fecha de ingreso se refiere a la fecha en que el laboratorio codifica la muestra.
	Sodio	1	
	Aluminio	N.A	
	Potasio	1,35	
	Calcio	55,4	
Relaciones	C.I.C.E. (meq/100g)	37,0	Todos los valores con calificación E han sido verificados
	Ca/Mg	1,33	
	Ca/K	41,0	
	Mg/K	30,9	
	(Ca+Mg)/K	71,9	

El presente certificado no puede ser reproducido parcial o totalmente, salvo autorización expresa por parte del laboratorio AGRILAB S.A.S.

MYRIAM BENÍTEZ LUGO
Química Director Técnico PQ-1168

Página 1 de 1 - Fin del informe

ADRIANA NAVARRO URDANETA
Lic. Química Coordinadora de Área

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA

Calle 79 B No. 70 - 16 Bogotá, D.C. PBX: 223 1999 - Fax: 223 4087
Para quejas y reclamos comuníquese al E-mail: servicioalcliente@agrilab.com.co
www.agrilab.com.co